Volks-Naturlehre

für

Schule und Haus,

mit besonderer Rücksicht auf Gewerbe, Künste und die Bedürfnisse des bürgerlichen Lebens.

Von

Ludwig Blum,

Oberreallehrer, Hauptlehrer an der Königl. Realanstalt zu Stuttgart.

Erstes Buch:

Die Materie, ihre Eigenschaften und Kräfte.

Mit 69 Holzschnitten.

Stuttgart.

Verlag von J. B. Müller.

1854.

Druck von Blum und Vogel in Stuttgart.

Vorrede.

Wenn ich meinem Buch eine Vorrede voranstelle, so geschieht es nicht in der Absicht, demselben ein vielversprechendes Empfehlungsschreiben mit auf den Weg zu geben, sondern einzig und allein deßhalb, weil ich es zur Vermeidung von Mißverständnissen für nöthig halte, dem Leser zum voraus zu sagen, welchen Begriff ich mit dem Titel „Volksnaturlehre“ verbinde, den ich in Ermangelung eines passendern gewählt habe.

Es gibt Manche, die da meinen, eine „populäre“ Behandlung irgend eines wissenschaftlichen Gegenstandes — ein „Volkslehrbuch“ — müsse so geschrieben sein, daß Jeder — welcher Bildungsstufe er auch angehöre, und abgesehen davon, ob er überhaupt an ein verständiges, nachdenkliches Lesen gewöhnt sei, oder nicht — sich leicht und angenehm des Stoffes zu bemächtigen vermöge. Ich gebe zu, daß dieß bei einzelnen Fächern, namentlich bei manchen Gegenständen aus der Geschichte, der Länder- und Völkerkunde, der Naturgeschichte u. s. w., bis zu einem gewissen Grade gelingen kann; ich glaube aber nimmermehr, daß es bei einer Wissenschaft möglich ist, welche, wie die Physik, in vielen Parthieen, wenn auch nicht unumgänglich eine allseitige Bekanntschaft mit den Lehren der Mathematik, zum mindesten doch die Kenntniß der gewöhnlichsten arithmetischen Verhältnisse voraussetzt.

Wer also in der vorliegenden „Volksnaturlehre“ die Aufgabe in jenem Sinne gelöst zu finden hofft, der wird sie bald sehr unbefriedigt

wieder aus der Hand legen; wer dagegen mit mir der Ansicht ist, daß gegenüber einem Gegenstande, wie die Physik, alle diejenigen als das „Volk“ zu betrachten sind, welche — ohne mit allen Hülfsmitteln ausgerüstet zu sein, welche zum tieferen Eindringen in denselben erforderlich sind — sich über die zugänglichsten Lehren desselben ins Klare zu setzen den Wunsch haben: dem lege ich mit Vertrauen meine Arbeit vor, und erwarte ruhig sein Urtheil.

Hiermit habe ich den Standpunkt bezeichnet, von welchem aus ich mich bemüht habe, alles dasjenige aus dem Gebiet der Naturlehre mitzutheilen, was für jeden Menschen von Interesse sein muß, der sich durch die Erscheinungen in der Natur, durch die auf physikalischen Gesetzen beruhenden Vorgänge sowohl in den Gewerben als im gewöhnlichen Hauswesen rc. zum Nachdenken aufgefordert fühlt. Namentlich habe ich dabei den gebildeten Laien im Auge behalten, der die täglich neu auftauchenden Erfindungen in den verschiedensten Zweigen der Industrie, des Verkehrswesens rc. nicht theilnahmslos an sich vorübergehen läßt, sondern zum Zweck eines gründlichern Verständnisses und eines erhöhten Genusses in der Würdigung derselben, einige Kenntniß der dabei angewandten Grundsätze der Physik, Mechanik und Chemie sich anzueignen wünscht. — Sodann ist es mir darum zu thun gewesen, dem denkenden Gewerbsmanne als Führer zu dienen, der über die in seinem Geschäfte vorkommenden und in das Gebiet der Naturlehre einschlagenden Operationen und Prozesse nähern Aufschluß verlangt und sich gerne auf den Standpunkt stellen möchte, vermöge seines theoretischen Wissens nicht allein leichter auf selbst erdachte Verbesserungen geleitet zu werden, sondern auch fremde Erfindungen schnell und richtig aufzufassen. — Endlich und hauptsächlich ging mein Bestreben dahin, mein Buch auch für den Unterricht in Gewerbe-, Handwerker-, Real-, Bürger- und Volksschulen brauchbar zu machen. — Seitdem die Naturlehre ihren praktischen Werth in so mannigfaltiger Weise erprobt hat; seitdem auch dem gemeinen Manne tausend Gelegenheiten geboten sind, ihre Wunder anzustaunen — nicht im schwarz ausgeschlagenen Salon des Magiers und Zauberkünstlers, sondern in der einfachen Werkstatt des Gewerbsmannes, in den mit emsig arbeitenden Maschinen gefüllten Räumen der Fabriken, an den räthselhaften Tischen der Telegraphisten rc. —: seit dieser Zeit ist sie aus den Lehrsäälen der Universitäten und Akademieen auch in niedrigere Lehranstalten herabgestiegen, und hat sogar den Weg in die Volksschule

gefunden, wo sie sich zugleich als ein vortreffliches Mittel für formelle Bildung erwiesen hat. In der That gibt es kein besseres Mittel, die Kenntniß der Naturlehre zum Gemeingut aller Klassen zu machen, als schon bei unsern reifern Schülern das Interesse dafür zu wecken, sie ihnen mit andern unentbehrlichen Kenntnissen in den Schulsack zu stecken, damit sie dieselbe bei ihrem Austritt aus der Schule mit sich nehmen, auf ihre spätern Erfahrungen anwenden, und sich und Andern zu Nutze machen.

In wie weit es mir gelungen ist, die mir gestellte Aufgabe zu lösen: darüber wird, so hoffe ich, das Urtheil sachverständiger Männer mich nicht lange im Ungewissen lassen.

Schließlich noch ein Wort über die äußere Anlage des Werkes. — Ein Buch, das für einen so ausgedehnten Kreis, wie ich ihn im Vorhergehenden angedeutet habe, bestimmt ist, darf einer Eigenschaft nicht ermangeln: es muß wohlfeil sein. Dieß konnte dadurch bezweckt werden, daß ich, wie von Andern schon vielfach versucht worden ist, den reichen Stoff, der mir zur Bearbeitung vorlag, auf einen möglichst kleinen Raum zusammendrängte. Allein wie soll das höherstehende Ziel einer gründlichen und nutzbringenden Belehrung erreicht werden, wenn man da, wo es Noth thut, das Gegebene möglichst klar und anschaulich zu machen, das Verständniß durch Beispiele aus dem Leben zu unterstützen und durch Andeutungen für die praktische Anwendung der einzelnen Sätze den Unterricht fruchtbar zu machen, sich auf die Aufstellung nackter Wahrheiten, auf dürre Definitionen 2c. beschränkt! — Um dieses zu umgehen, und, so viel als möglich, beiden Anforderungen zugleich zu genügen, wählte ich den Ausweg, die einzelnen Abschnitte der Naturlehre monographisch, d. h. in der Weise zu behandeln, daß jeder Abschnitt ein für sich abgeschlossenes Ganzes in einem besondern Buche bildet. So glaubte ich wenigstens das zu erreichen, daß auch der Unbemitteltere mit geringen Kosten sich zunächst in den Besitz desjenigen Theils setzen kann, der ihm für seine Zwecke vor andern von Werth ist, und daß in einzelnen Schulen und Klassen wenigstens diejenigen Abschnitte in die Hand des Schülers gelangen können, welche beim Unterrichte vorzugsweise Berücksichtigung finden. — Bei dieser Behandlung der Sache konnte freilich nicht verhütet werden, daß da und dort kleine Wiederholungen eintreten mußten; ich gebe mich indessen der Hoffnung hin, daß es mir gelungen sei, durch Abwechslung in der Darstellung,

die überdieß in den meisten Fällen schon durch die Verschiedenheit der Beziehungen bedingt war, dieselben weniger lästig erscheinen zu lassen.

Das ganze Werk zerfällt in folgende sechs Bücher:

1. Buch: Die Materie, ihre Eigenschaften und Kräfte.
2. Buch: Mechanik fester Körper.
3. Buch: Mechanik flüssiger und luftförmiger Körper.
4. Buch: Magnetismus und Elektrizität.
5. Buch: Licht und Wärme.
6. Buch: Physische Geographie und Meteorologie.

Stuttgart im August 1853.

Ludwig Blum.

Inhalts-Verzeichniß.



Die Materie, ihre Eigenschaften und Kräfte.

Was in der Natur ist und geschieht, — besteht, bildet und ordnet sich nach ewigen, unwandelbaren Gesetzen, vermöge der in dieselbe gelegten Kräfte. Manche dieser Gesetze und Kräfte sind dem denkenden Beobachter so nahe gelegt, daß er sie ohne Mühe erkennt; andere hat er erst durch eine lange Reihe von Beobachtungen und Vergleichungen aufgefunden, und noch andere endlich hat sein forschender Blick bis jetzt nicht zu entdecken vermocht. — Die Wissenschaft, welche die Aufgabe hat, die Erscheinungen in der Natur zu beobachten, die Ursachen derselben zu erforschen und die Gesetze zu bestimmen, nach welchen sie erfolgen, heißt **Naturlehre**, im weiteren Sinne des Worts. Dieselbe zerfällt in zwei Haupttheile, nämlich in die **Physiologie**, welche es mit den Er=

scheinungen in der organischen Natur, d. h. in der Thier- und Pflanzenwelt, zu thun hat, und in die Physik oder Naturlehre im engeren Sinne, die ihre Untersuchungen auf die unorganische Natur beschränkt.

Materie — Körper.

Materie — Substanz, Stoff — nennen wir alles dasjenige, was nach der Wahrnehmung unserer Sinne einen Raum einnimmt. Ein Theil der Materie, der nach allen Seiten hin abgegrenzt ist, und also von anderen Theilen derselben unterschieden werden kann, nennen wir einen Körper. — Der Materie, als solcher, und somit allen Körpern zugleich, kommen gewisse Eigenschaften zu, welche wir mit dem Namen „allgemeine Eigenschaften der Körper“ bezeichnen, im Gegensatz zu gewissen andern, besondern oder zufälligen Eigenschaften, welche nur einzelne Naturkörper oder einzelne Gattungen derselben besitzen.

Allgemeine Eigenschaften der Körper.

Ausdehnung, Theilbarkeit, Undurchdringlichkeit, Porosität, Trägheit.

Die erste allgemeine Eigenschaft der Körper ist die **Ausdehnung.** Jeder Körper ist ausgedehnt, d. h. er nimmt einen Raum ein, — er hat eine gewisse Größe, ein gewisses Volumen. Das Volumen der Körper ist außerordentlich verschieden: wie ungeheuer groß erscheint z. B. jenes Felsenstück gegenüber dem Sonnenstäubchen, das vor unserem Blicke tanzt? — aber, was ist umgekehrt dasselbe Felsenstück im Vergleich zu dem Gebirge, von dem es sich losgerissen hat, oder gar zur ganzen Erde, gegen welche die größten Gebirge als höchst unbedeutende Unebenheiten erscheinen.

Der Raum überhaupt, sowie auch jeder einzelne Körper bietet drei Hauptrichtungen der Ausdehnung, oder kurz drei Ausdehnungen — Dimensionen — dar, nämlich: eine Ausdehnung von oben nach unten, Höhe (Tiefe), eine Ausdehnung von rechts nach links, Länge (Breite) und endlich eine Ausdehnung von vornen nach hinten, Dicke (Weite).

Die Grenze, welche einen Körper von dem übrigen Raume oder von andern Körpern trennt, heißt seine Oberfläche. Sie hängt entweder stetig zusammen, wie die Oberfläche einer Kugel, eines Eies u. drgl., oder sie besteht aus mehreren scharf an einander stoßenden Einzelflächen, wie z. B. die Oberfläche eines geschliffenen Edelsteins oder einer Messerklinge. Bei der Fläche unterscheidet man nur zwei Ausdehnungen, Länge und Breite; eine Dicke hat sie nicht. Wo zwei Flächen zusammenstoßen, entsteht eine Linie oder eine Kante, bei welcher nur von einer

Ausdehnung in die Länge die Rede sein kann. Den bloßen Ort im Raum — auf einer Linie, auf einer Fläche, in einem Körper —, welcher gar keine Ausdehnung hat, nennen wir einen Punkt. Stoßen die Kanten mehrerer Flächen in einem Punkte zusammen, so entsteht eine Ecke.

Als Maß für die Größe einer Linie dient die Längeneinheit, als Maß für eine Fläche das Quadrat, dessen Seite gleich dieser Längeneinheit ist, und als Maß für das Volumen eines Körpers der Würfel, der ebenfalls diese Längeneinheit zur Seite hat.

Wir werden uns bei unsern Angaben in der Regel des französischen Maßes, das in wissenschaftlichen Werken immer mehr in Gebrauch kommt, bedienen, theils weil es an und für sich, wegen seiner Decimaleintheilung, viele wesentliche Vortheile darbietet, theils weil wir in Deutschland zur Zeit noch kein einheitliches Maß haben. — Die Grundlage des französischen Längenmaßes ist der Meter, der zehnmillionste Theil des Erdquadranten, oder der vierzigmillionste Theil des ganzen Erdumfangs (in einem Meridian gemessen).

Der 10. Theil des Meters ist der Decimeter,
„ 100. „ „ „ „ „ Centimeter,
„ 1000. „ „ „ „ „ Millimeter.
10 Meter geben einen Dekameter.
100 „ „ „ Hektometer,
1000 „ „ „ Kilometer,
10000 „ „ „ Myriameter.

Für das Flächenmaß ist die Grundlage der Quadratmeter. Für das Feldmaß hat man überdieß:

100 Quadratmeter = 1 Are,
100 Are = 10000 Quadratmeter = 1 Hektare.

Für das Körpermaß gilt als Einheit das Liter, ein Würfel, dessen Seite = 1 Decimeter ist.

Der 10. Theil des Liters ist das Deciliter,
„ 100. „ „ „ „ „ Centiliter,
„ 1000. „ „ „ „ „ Milliliter.
10 Liter geben ein Dekaliter,
100 „ „ „ Hektoliter,
1000 „ „ „ Kiloliter (Stere).

1 Milliliter ist = 1 Kubikcentimeter und 1 Kiloliter = 1 Kubikmeter.

Das Liter wird auch als Grundlage des Hohlmaßes für Flüssigkeiten gebraucht.

Der Meter wird gewöhnlich mit m, der Quadratmeter mit qm, der Kubikmeter mit cm, der Millimeter mit mm, das Liter mit l bezeichnet.

Nach dem altfranzösischen Maß bildet die Toise (Klafter) die Längeneinheit.

1 Toise = 6 Pariser Fuß = 1,949037 m.
1 Par. F. = 144 Linien = 324,8394 mm.

Vergleichung einiger deutscher und fremder Längenmaße mit dem französischen:

1 österreichischer Fuß	= 140,1308	Paris. Lin.	= 316,1109	mm.
„ preußischer „	= 139,13	„ „	= 313,8535	„
„ bayrischer „	= 129,38	„ „	= 291,8592	„
„ hannöverischer „	= 129,48	„ „	= 292,0947	„
„ sächsischer „	= 125,537	„ „	= 283,1901	„
„ württembergisch. „	= 127	„ „	= 286,4903	„
„ badischer „	= 132,98877	„ „	= 300	„
„ englischer „	= 135,1142	„ „	= 304,7945	„
„ russischer „	= 135,1142	„ „	= 304,7945	„
„ schwedischer „	= 131,615	„ „	= 296,901	„

Belgien und Holland haben das französische, die Schweiz das badische Maß.

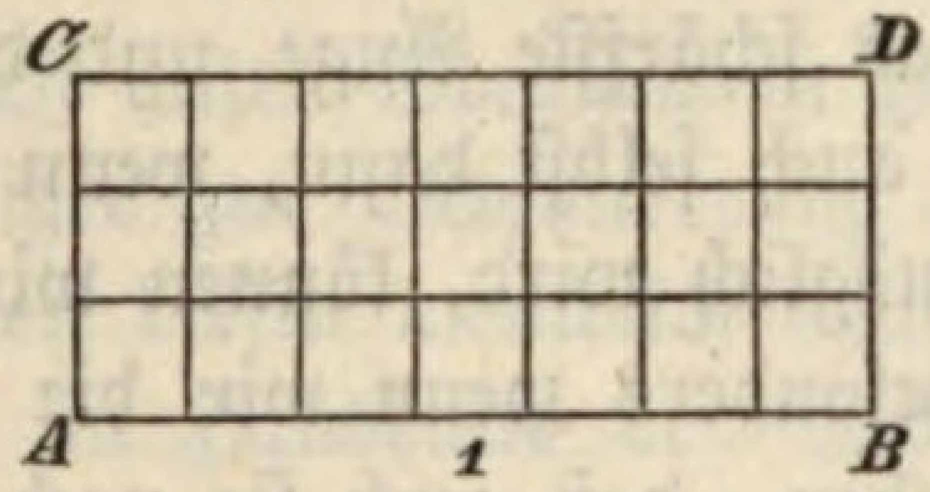
1 geographische Meile	= $^1/_{15}$ eines Aequatorgrads	= 22842	Par. F.
„ astronomische „	= ist	= 19733	„
„ österreichische „	= „	= 28915	„
„ preußische „	= „	= 23642	„
„ englische „	= „	= 4956	„
„ italienische „	= „	= 5710	„
„ spanische „	= „	= 20883	„
„ schwedische „	= „	= 32889	„
„ französische (lieue)	= „	= 13742	„
„ russische Werst	= „	= 3285	„

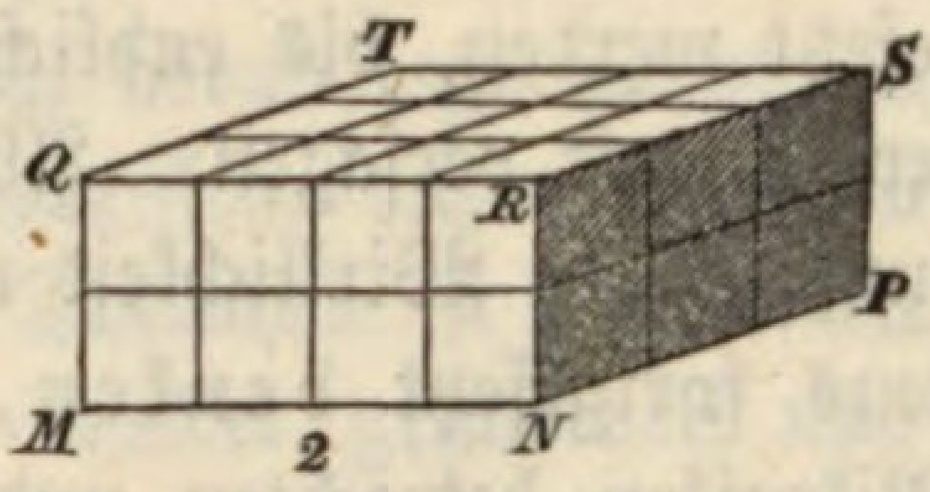
Die deutsche Meile, die man in 2 Stunden mit ungefähr 12000 Schritten zurücklegen kann, stimmt ziemlich genau mit der geographischen Meile (s. oben) überein. Die altrömische Meile enthielt 1000 Schritte (der Schritt zu 5 Fuß gerechnet = der Entfernung zweier aufeinander folgender Standpunkte eines und desselben Fußes, also eigentlich ein Doppelschritt) und stimmt somit ziemlich genau mit der heutigen italienischen und englischen Meile überein. Das römische Stadium hatte 125 Schritte; das griechische Stadium, das auch zu 125 Schritten (600 griechische oder 625 römische Fuß) gerechnet wurde, war etwas kleiner.

Das gegenseitige Verhältniß der Dimensionen eines Körpers im Allgemeinen, sowie insbesondere die Art seiner äußeren Begrenzung, bedingen seine Form oder Gestalt. Diese ist also unabhängig von der absoluten Größe dieser Dimensionen oder von der Größe des Körpers selbst, und es können daher Körper bei gleicher Gestalt verschiedenes Volumen und ebenso bei gleichem Volumen verschiedene Gestalt haben.

Anm. Die Größe der Flächen und Körper — Flächen- und körperlicher Inhalt — kann im Allgemeinen nicht dadurch bestimmt werden, daß man die Einheit so oft als möglich an dieselben anlegt, wie dieß bei der Bestimmung der Längendimensionen geschieht. Wenn es auch anginge, z. B. den Flächen-

inhalt eines Zimmerbodens oder den Rauminhalt des hohlen Theils eines rechtwinkligen Brunnentrogs auf diese Weise zu bestimmen, so wäre es jedenfalls ein höchst mühsames Geschäft, das überdieß nur in den seltensten Fällen genaue Resultate liefern könnte. Wie wollte man aber mit diesem Verfahren ausreichen, wenn z. B. der Inhalt einer Kugeloberfläche oder der körperliche Inhalt eines massiven Körpers bestimmt werden sollte? — Hier kommt die Geometrie zu Hülfe, eine Wissenschaft, welche die Größe aller gesetzmäßig gebildeten Flächen und Körper durch Rechnung aus der Größe ihrer einzelnen Dimensionen zu bestimmen lehrt. Deuten wir ihr Verfahren an zwei der einfachsten Beispiele an:





Figur 1 ist ein rechtwinkliges Viereck, dessen Grundlinie (AB) 7, und dessen Höhe (AC) 3 Längeneinheiten, z. B. Fuße, zählt; verbinden wir nun die Theilpunkte der gegenüberliegenden Seiten durch gerade Linien, so wird die Figur in lauter Quadratfuße zerlegt, und zwar enthält jeder Horizontalstreifen so viele, als die Grundlinie Längenfuße hat; da es ferner so viele Horizontalstreifen gibt, als die Höhe Längenfuße mißt, so ist nothwendig die Zahl der Quadratfuße, welche den Flächeninhalt der Figur ausmachen, gleich dem Produkt aus den Zahlen 7 und 3, d. i. 21. Man findet also in diesem Fall den Flächeninhalt, wenn man die Zahl der Fuße der Grundlinie mit der Zahl der Fuße der Höhe, oder, wie man sich der Kürze halber gewöhnlich ausdrückt, wenn man Grundlinie und Höhe mit einander multiplizirt. — Figur 2 stellt ein rechtwinkliges Prisma (Säule) von 4 Fuß Länge (MN), 3 Fuß Breite (NP) und 2 Fuß Höhe (NR) dar. Führen wir durch die Theilpunkte ebene Schnitte hindurch, wie dieß in der Figur angedeutet ist, so wird der ganze Körper in Kubikfuße zerschnitten, deren Zahl leicht bestimmt werden kann. Der Körper wird in zwei übereinander liegende Schichten zerlegt; jede Schichte hat so viel Kubikfuße, als die Grundfläche Quadratfuße zählt, da auf jedem derselben ein Würfel steht. Die Zahl dieser ist aber nach dem Vorigen gleich 3. 4 = 12; folglich in beiden Schichten der ganze Kubikinhalt des Körpers 2. 3. 4 = 2. 12 = 24. Hieraus schließen wir, daß man den Inhalt eines jeden solchen Körpers findet, wenn man die Zahlen der Längeneinheiten von Länge, Breite und Höhe, oder, kürzer ausgedrückt, wenn man Länge, Breite und Höhe (3 in einer Ecke zusammenstoßende Kanten) oder auch Grundfläche und Höhe mit einander multiplizirt. — Weitere Resultate aus der Geometrie für die Berechnung der Flächen und Körper sind: der Inhalt eines Dreiecks ist gleich dem halben Produkt aus Grundlinie und Höhe (Perpendikel von der Spitze auf die Grundlinie); den Inhalt der Kreisfläche erhält man, wenn man den Halbmesser mit sich selbst, und das erhaltene Produkt mit der Zahl 3,1416 multiplizirt. Der Rauminhalt des Prisma's und des Cylinders wird gefunden, wenn man Grundfläche mit Höhe multiplizirt; der Inhalt der Pyramide und des Kegels ist gleich dem dritten Theil des Produkts aus Grundfläche und Höhe. Um den

Inhalt der Kugel zu berechnen, bilde man ein Produkt aus drei gleichen Faktoren, deren jeder die Zahl der Längeneinheiten des Durchmessers ist, und multiplicire dasselbe noch mit der Zahl 0,5236; ist z. B. der Durchmesser der Kugel 4 Fuß, so ist ihr körperlicher Inhalt = 4. 4. 4. 0,5236 = 64. 0,5236 = 33,5104 Kubikfuß.

Die zweite allgemeine Eigenschaft der Körper ist die **Theilbarkeit.** Alle Körper können, wenn man nur die geeigneten Werkzeuge und die erforderliche Kraft anwendet, in Theile zerlegt werden, und dieß kann durch wiederholte Zerlegung der jedesmal erhaltenen Theile so weit fortgesetzt werden, bis endlich das schärfste Auge und die feinsten Werkzeuge den Dienst versagen. Aber auch selbst dann, wenn uns die weitere Theilung in der Wirklichkeit unmöglich wird, können wir uns dieselbe wenigstens fortgesetzt denken, besonders wenn wir die Theilchen unter dem Mikroskop betrachten und sehen, daß auch sie noch, wie das anfängliche Ganze, aus verschiedenen Partien bestehen, die abgesondert, jede für sich, wieder einen besonderen Körper bilden können. Hängen wir dieser Betrachtung weiter nach, so drängt sich uns die Frage auf: geht diese Theilbarkeit der Körper in's Unendliche fort, oder sind derselben irgendwo Grenzen gesteckt? Obgleich wir den ersten Theil dieser Frage bejahen, und die Behauptung aufstellen müssen, daß, wo noch Materie, auch noch Ausdehnung vorhanden, und wo diese, auch noch Theilung möglich sei, so führen uns doch Erfahrungen, die wir auf andern Gebieten der Naturwissenschaft machen, zu der Annahme, daß die Körper aus sehr kleinen Massentheilchen, Atomen oder Molekülen, bestehen, die — an sich so klein, daß sie auch das bestbewaffnete Auge nicht zu unterscheiden vermag — ihrer Natur nach untheilbar sind. Eine Menge Erscheinungen in der Natur lassen sich von dem Standpunkt aus, auf welchem zur Zeit die Wissenschaft steht, nur mittelst dieser Annahme befriedigend erklären, und wir sind daher ebensosehr genöthigt als berechtigt, dieselbe als richtig zu betrachten.

Um einige Belege für die außerordentliche Theilbarkeit der Naturkörper und damit für die unglaubliche Kleinheit mancher derselben anzuführen, erinnern wir daran, wie unendlich viele und zugleich unfaßlich kleine Theilchen sich von einem winzigen Moschuskörnchen ablösen müssen, wenn es, wie es durch die Erfahrung bestätigt ist, ein Zimmer, das überdieß vielleicht täglich gelüftet wird, eine Reihe von Jahren hindurch mit seinem Geruch erfüllt, ohne eine merkliche Verminderung in seinem Gewichte zu erfahren. Wie klein mögen ferner die Seifentheilchen sein, welche in den Wänden einer buntfarbigen Seifenblase herumschwimmen, da die Dicke dieser Wände — wie mit Bestimmtheit behauptet werden darf, wenn auch der Uneingeweihte zweifelnd den Kopf schüttelt — nicht mehr be-

trägt, als 4 Zehnmillionstel eines Zolls, so daß also 2500000 solcher dünnen Wände auf einander gelegt werden müßten, wenn man eine Wand von 1 Zoll Dicke erhalten wollte. Platina läßt sich in so feine Drähte ausziehen, daß 9 Millionen derselben, in ein Büschel gefaßt, durch eine Oeffnung von 1 Quadratlinie geschoben werden können; 1 Gran Gold läßt sich in einen 500 Fuß langen Draht ausziehen, den man in 500000 Stückchen von 1/10 Linie Länge zerschneiden kann; die Dicke der Vergoldung der Lyoner Tressen beträgt nach der Berechnung Reaumur's 1/345000 Pariser Linie u. s. w.

Und wenn alles dieß unser Staunen in hohem Grad rege macht, so werden wir nicht weniger zur Bewunderung hingerissen, wenn wir uns sagen müssen: keines von diesen unendlich kleinen Theilchen ist je verloren gegangen; alle werden im Haushalte der Natur wieder gesammelt und zu neuen Zwecken verwendet. Die Kohlentheilchen, welche bei der Verbrennung irgend eines Pflanzentheils in neue Verbindungen übertreten und, in der Flamme hinweggeführt, in die Luft ausströmen, — sie kommen alle früher oder später wieder zur Verwendung und dienen alsdann zur Bildung neuer Thier-, Pflanzen- oder Mineralkörper; die Substanz, aus der unser eigener Leib besteht, und die sich täglich erneut, ist schon vor undenklichen Zeiten dagewesen, und hat vor uns vielleicht schon unzählige Naturformen bilden helfen. Nichts ist seit der Schöpfung der Welt je verloren gegangen, — Nichts ist hinzugekommen!

Wenn die Materie dasjenige ist, was den Raum erfüllt, so ist aus sich selbst klar, daß auch jedes Theilchen derselben einen gewissen Theil des Raumes für sich in Anspruch nimmt, und daß somit den Raum, welchen ein Körper einmal einnimmt, zu gleicher Zeit nicht auch ein zweiter einnehmen kann. Diese Eigenschaft der ausschließlichen Besitznahme eines Theils des Raums pflegen wir mit dem Namen **Undurchdringlichkeit** der Körper zu bezeichnen. Den Theil des Weltraums, den irgend ein Himmelskörper einnimmt, kann zu gleicher Zeit nicht auch ein anderer erfüllen; ebenso wenig kann irgend ein winziges Stäubchen da sein, wo schon ein Lufttheilchen sich befindet. Wenn wir im Dunkeln gegen einen festen Körper anrennen, so werden wir auf sehr empfindliche Weise an die Undurchdringlichkeit der Körper gemahnt; wenn wir mit der Hand durch die Luft oder durch Wasser streichen, oder wenn wir uns selbst darin fortbewegen, so kann dieß nur dadurch geschehen, daß wir diese Flüssigkeiten auf die Seite schieben. Taucht man Holz, einen Schwamm, ein Stückchen Brod oder Zucker rasch in eine Flüssigkeit ein, so sieht man die in den Poren dieser Körper enthaltene Luft eilig entweichen, um dem eindringenden Wasser Platz zu machen. Durch einen Trichter, der genau in den Mund einer Flasche paßt, kann diese nicht gefüllt werden,

weil die in ihr enthaltene Luft nicht entweichen und der eintretenden Flüssigkeit das Feld räumen kann; hebt man aber den Trichter ein wenig in die Höhe, so daß zwischen ihm und dem Rand der Flaschenöffnung der Luft ein Durchgang gestattet wird, so fließt die Flüssigkeit sogleich in die Flasche. (Man kann diesen Versuch mit jedem Trichter machen, wenn man ihn da, wo er auf der Flasche aufsitzt, mit Papier umwickelt.)

Dennoch scheint es zuweilen, als durchdringen sich gewisse Körper: wenn wir Wasser und Weingeist unter einander mischen, so nehmen sie ein geringeres Volumen ein, als die Summe ihrer Volumina vor der Mischung beträgt; Wasser löst Salz auf und verschluckt (absorbirt) Gase, ohne sein Volumen zu ändern; Quecksilber kann mittelst der Luftpumpe durch Holz, Wasser durch Eierschalen gepreßt werden u. s. w. Allein alle diese Erscheinungen beruhen auf einer weitern allgemeinen Eigenschaft der Körper, nämlich auf der **Porosität**. Zufolge dieser Eigenschaft erfüllen die Körper den Raum, den sie nach ihrer äußern Gestalt einzunehmen scheinen, nicht in stetem Zusammenhange durch und durch, sondern beim dichtesten wie beim lockersten Körper sind kleinere oder größere Zwischenräume — Poren — vorhanden, welche die Materie des Körpers freigelassen hat, und die somit nach Umständen von andern Körpern erfüllt werden können. Bei manchen Körpern, wie bei Glas, Metall u. drgl., sind diese Poren außerordentlich klein, so daß selbst Luft und Wasser nicht einzudringen vermögen; bei andern dagegen, wie bei Holz und Kohle, können sie leicht mit unbewaffnetem Auge unterschieden werden. Auf der Porosität beruht die Zusammendrückbarkeit der Körper; selbst die härtesten Körper lassen sich, wenn man nur die gehörige Kraft anwendet, zusammendrücken, wobei die einzelnen Moleküle derselben einander näher gerückt, und somit die Zwischenräume, welche sie trennen, kleiner gemacht werden.

Endlich haben wir noch die letzte allgemeine Eigenschaft der Körper zu betrachten, die **Trägheit** oder das **Beharrungsvermögen**. Wir verstehen darunter das Bestreben der Materie, in dem Zustande zu verharren, in welchem sie sich eben befindet; oder mit andern Worten, die Unfähigkeit derselben, ohne äußere Veranlassung, ohne die Einwirkung irgend einer fremden Kraft, aus eigener Macht aus dem Zustande, in welchem sie sich einmal befindet — sei es der Zustand der Ruhe oder der Bewegung — herauszutreten und in einen andern überzugehen.

Viele Erscheinungen des täglichen Lebens finden nur in dieser Eigenschaft der Körper ihre Erklärung: Ein Eisenbahnzug erreicht, wenn auch die Dampfmaschine von Anfang an mit ihrer vollen Stärke wirkt, nur allmälig seine volle Geschwindigkeit, und kann, nachdem die Maschine außer Thätigkeit gesetzt worden ist, durch Bremsen erst nach einiger Zeit zum An-

halten gebracht werden. Im Anfang hat die Maschine das Bestreben des Zugs, in Ruhe zu bleiben, zu überwinden, und am Ende ist im Gegentheil eine bedeutende Kraft erforderlich, um denselben aus dem Zustand der Bewegung wieder in den der Ruhe zurückzuführen. — Ein Reiter, dessen Pferd plötzlich anhält, stürzt aus demselben Grund über den Kopf des Pferdes hinaus, aus welchem Einer, der auf einem ruhenden Wagen steht, rückwärts fällt, sobald dieser rasch in Bewegung gesetzt wird. Das Beharrungsvermögen zwingt jenen, die Bewegung fortzusetzen, auch nachdem das Pferd angehalten hat, und hält diesen zurück, die Bewegung des schnell angezogenen Wagen sogleich mitzumachen. — Ein vom Mast eines rasch dahinsegelnden Schiffes herabfallender schwerer Körper fällt am Fuße des Mastes nieder, da er selbst im Fall noch die Bewegung des Schiffes theilt und somit um eben so viel — abgesehen von dem geringen Verlust an Geschwindigkeit, der von dem Widerstand der Luft herrührt — voranschreitet, als das Schiff selbst. — Einer, der aus einem schnell fahrenden Wagen auf die Straße springt, ohne sogleich in raschem Lauf demselben zu folgen, fällt nieder, da sein Körper die Bewegung des Wagens theilt und beizubehalten strebt, während ihn der ruhige Boden, auf den er nun zu stehen kommt, durch Reibung daran verhindert, was zur Folge hat, daß sich sein Körper um den festen Punkt auf dem Boden wie um eine Axe dreht und zu Boden stürzt. Ein Anderes ist es, wenn ein Schlittschuhläufer in die Höhe springt und wieder auf seine Bahn zurückfällt; er wird nicht leicht stürzen, da er in der Luft die ihm eigene Bewegung fortsetzen konnte, und auch beim Wiederauffallen auf die glatte Bahn durch die außerordentlich geringe Reibung nicht daran gehindert wird. — Manche Taschenspieler schlagen oder ziehen ein auf der Oeffnung einer Flasche liegendes Kartenblatt, auf dem ein Geldstück in senkrechter Richtung genau über der Oeffnung der Flasche sich befindet, rasch hinweg, und das Geldstück fällt in die Flasche. Vermöge seiner Trägheit hat dieses in der überaus kurzen Zeit seinen Ort nicht gewechselt, das Hinderniß ist weggenommen, folglich fällt es in die Oeffnung der Flasche. — Durch einen gewöhnlichen Steinwurf zerschmettern wir eine Fensterscheibe, während eine mittelst eines Schießgewehrs hindurchgeschossene Kugel ein kreisrundes Loch, die anstoßenden Theile der Scheibe aber unversehrt zurückläßt; in der unendlich kleinen Zeit, in welcher die Kugel die Dicke der Scheibe durchfliegt, kann sich die Erschütterung nicht weiter fortpflanzen, und die Kugel ist daher nur im Stande, die ihr im Wege liegenden Theile des Glases mit sich fortzureißen. — Eine glatte, ebene Platte läßt sich mit einiger Geschicklichkeit unter einer polirten Kugel rasch wegziehen, ohne daß diese in Bewegung kommt. Je geringer in diesen Fällen die Reibung ist, desto besser gelingt das Ex-

periment. Dieß ist auch im umgekehrten Falle Bedingung: eine schön polirte, auf einer horizontalen, ebenen Fläche dahinrollende Kugel wird, ohne weitern Anstoß, ihrer Trägheit zufolge, um so länger in Bewegung bleiben, je geringer die Hindernisse sind, denen sie unterwegs begegnet, d. h. je glätter die Ebene ist, auf der sie läuft. Aus dem gleichen Grunde schwingt im luftleeren Raum ein Pendel, dessen Bewegung kein anderes Hinderniß entgegenwirkt, als die geringe Reibung am Aufhängepunkt, ohne einen neuen Anstoß außerordentlich lang, bei günstigen Umständen oft einen ganzen Tag. — Dieselbe Eigenschaft ist es endlich, welche macht, daß auch die Himmelskörper, die kein hemmendes Medium zu durchdringen haben, seit Urbeginn der Welt mit ewig gleicher Geschwindigkeit sich um ihre Axen drehen und auf unveränderlichen Bahnen durch den Weltraum dahinrollen.

Kräfte der Materie.

Attraktiv- und Repulsivkräfte. — Molekular- und fernwirkende Kräfte. — Cohäsionskraft. — Adhäsionskraft. — Chemische Affinität. — Schwerkraft. — Magnetische und elektrische Anziehung.

Wenn wir die Erscheinungen an den Naturkörpern einer aufmerksamen Beobachtung unterwerfen, so kann uns nicht lange verborgen bleiben, daß in denselben verschiedene Kräfte thätig sind, die sich theils als Gemeingut aller und jeder Materie, theils nur als Merkmale gewisser Formen derselben erweisen.

Sehen wir z. B., daß es einen gewissen Kraftaufwand kostet, um ein Stück Holz, einen Stein, ein Metallstück oder auch nur eine Flüssigkeit zu trennen oder zu zertheilen, so muß sich uns nothwendig der Gedanke aufdringen, daß in diesen Körpern eine Kraft wohnt, welche sich der Trennung widersetzt; machen wir umgekehrt die Erfahrung, daß wiederum eine gewisse Kraft nöthig ist, um eben dieselben Körper auf ein kleineres Volumen zusammenzudrücken, oder daß es mehr oder weniger starker Gefäße bedarf, um erwärmte Luft, Dampf u. s. w. zusammenzuhalten, so müssen wir als eben so gewiß annehmen, daß in den Körpern auch Kräfte wohnen, die sich einer vermehrten Näherung der Massentheilchen entgegenstellen, — ja, wie dieß bei Gasen und Dämpfen der Fall ist, die einzelnen Moleküle immer weiter von einander zu entfernen streben. Aus diesen Beobachtungen müssen wir nothwendig den Schluß ziehen, daß in jedem Atom eines Körpers — in jedem materiellen Theilchen überhaupt — zwei geradezu entgegengesetzte Kräfte thätig sind, deren eine die Moleküle an einander fesselt, und sie einander zu nähern strebt, während die andere abstoßend wirkt und die Moleküle von einander zu entfernen trachtet.

Die eine Art dieser Kräfte heißen wir daher Anziehungs- oder Attraktivkräfte, die andere Abstoßungs- oder Repulsivkräfte.

Fassen wir sodann die Entfernung in's Auge, auf welche sich die Thätigkeit dieser Kräfte erstreckt, so werden wir bald auf einen zweiten Unterschied geführt, der zwischen denselben besteht. Wir erkennen nämlich, daß ein Theil derselben nur auf undenkbar kleine Entfernungen wirkt, während andere auf kleinere oder größere, meßbare Entfernungen hin ihre Wirksamkeit erstrecken und wahrnehmen lassen. — Es ist oben gesagt worden, daß in den festen Körpern Attraktivkräfte vorhanden sind, welche sich der gewaltsamen Trennung ihrer einzelnen Theile widersetzen; ist aber die Trennung einmal vor sich gegangen, so gelingt es uns (vielleicht in Folge einer Verzerrung der Moleküle an der Trennungs- oder Bruchfläche, wie wir sie an einem abgerissenen Eisenstab in auffallendem Grade beobachten) in den meisten Fällen gar nicht mehr, bei einzelnen Körpern nur unvollständig, die Theile — selbst unter Anwendung des stärksten Drucks — einander wieder so nahe zu bringen, daß dieselben auf's Neue durch die Attraktivkräfte ergriffen und zu einem Ganzen zusammengehalten werden; in der Regel scheinen diese Kräfte ganz erstorben zu sein, was nur in dem zu großen Abstand oder vielmehr in der unzureichenden Näherung der getrennten Moleküle seinen Grund hat. Dagegen äußert sich z. B. die Kraft des Magnets auf zum Theil sehr beträchtliche Entfernungen, und in welche Weiten wirkt nicht jene Attraktivkraft, welche den Mond an die Erde, die Planeten an die Sonne kettet, und welche das zahllose Heer der Sterne zu einem großen Ganzen vereinigt, und ihnen allen ihre Stellen im Weltraum anweist!

In dieser Richtung unterscheiden wir zwischen Molekularkräften, d. h. solchen, die nur zwischen den einander zunächst liegenden Massentheilchen eines festen oder flüssigen Körpers wirken, und zwischen fernwirkenden Kräften, d. h. solchen, die ihre Thätigkeit auf größere, meßbare Entfernungen erstrecken.

Die verschiedenartigen Kraftäußerungen der Materie, welche vielleicht alle nur Ausflüsse einer und derselben Urkraft sind, die wir bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft noch nicht zu erkennen vermögen, führen wir auf sechs Hauptkräfte zurück, die wir nun der Reihe nach näher betrachten, indem wir unsere Leser zugleich — soweit es der Raum gestattet — auf die wichtigsten Erscheinungen aus dem praktischen Leben, die in besonders nahem Zusammenhang zu jeder der einzelnen Kräfte stehen, aufmerksam machen.

Diese sechs Kräfte sind:

Cohäsionskraft, Adhäsionskraft, chemische Affinität, Schwerkraft, magnetische und elektrische Anziehung.

1. Cohäsionskraft.

Cohäsion heißt Zusammenhang; Cohäsionskraft nennen wir daher die Kraft, welche macht, daß die Massentheilchen eines und desselben gleichartigen Körpers zusammenhängen, und ihrer Trennung einen gewissen Widerstand entgegenstellen. Sie ist eine Molekularkraft, und zeigt in verschiedenen Körpern verschiedene Stärke. Am stärksten wirkt sie in den festen Körpern, weniger stark in den flüssigen, und in den luftförmigen Körpern ist ihre Wirkung ganz aufgehoben. — Feste Körper nennen wir nämlich diejenigen, bei welchen die Cohäsionskraft so stark wirkt, daß sie ihnen eine bleibende, starre Form gibt, und daß zur Verschiebung oder Trennung ihrer Theile einiger Kraftaufwand erforderlich ist — Metall, Holz, Seife; flüssige Körper dagegen sind solche, deren Theile ganz leicht verschoben oder getrennt werden können — Wasser, Oel, Quecksilber; luftförmige Körper oder Gase endlich sind solche, deren Theile gar keinen Zusammenhang unter sich zeigen, bei denen vielmehr äußere Kräfte erforderlich sind, wenn sie zusammengehalten werden sollen — Luft, Wasserdampf, Kohlensäuregas.

Unter den festen Körpern gibt es manche, wie die meisten Metalle, gewisse Steinarten, die Knochen mancher Thiere u. s. w., bei denen die Cohäsionskraft außerordentlich stark wirkt, so daß mit gewöhnlichen Mitteln nur schwer eine Trennung ihrer Theile bewirkt werden kann, — diese nennen wir hart; andere, wie Kreide, Seife, Butter u. drgl. setzen ihrer Trennung, im Vergleich mit jenen, einen geringen Widerstand entgegen — wir heißen sie weiche Körper. Läßt ein Körper beinahe keine Verschiebung seiner Theile zu, ohne daß zugleich eine vollständige Trennung derselben erfolgt, auch selbst an Punkten, auf welche die äußere Kraft nicht unmittelbar eingewirkt hat, so sagen wir, er sei spröde, — hieher gehören Stahl, Glas (namentlich schnell abgekühltes, wie bei den bekannten Glasthränen und Bologneser Fläschchen), Siegellack, Schwefel u. s. w.; läßt dagegen der Körper eine Verschiebung seiner Theile und Formveränderungen durch Ziehen, Biegen, Drehen u. s. w. zu, ohne in Stücke zu gehen, so heißt er zähe, dehnbar, biegsam rc. — Metallsaiten, Kupferplatten, glühendes Eisen, Leder, manche Holzarten u. drgl. Tritt zu der Dehnbarkeit oder Biegsamkeit noch die Eigenschaft, daß die Theile des Körpers, nachdem die äußere Kraft zu wirken aufgehört hat, wieder von selbst rasch in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren, und dadurch die vorige Gestalt des Körpers wieder herstellen, so nennen wir ihn elastisch; dieß ist der Fall bei gehärtetem Stahl, Fischbein, Elfenbein, Gummi elastikum rc.

Diese Eigenschaften, denen wir noch eine ganze Reihe anderer beige-

fellen könnten, sind aber, jede für sich, weder ausschließlich in dem einen oder andern Körper vorhanden, noch besitzt irgend ein Körper eine derselben in vollkommenem Grad. Vielmehr sind in der Regel mehrere derselben einem und demselben Körper eigen, wenn auch in verschiedener Stärke; nimmt man sie nämlich nach einander durch Schlagen, Ziehen, Biegen u. s. w. in Anspruch, so zeigt sich die Erscheinung, daß jede dieser Eigenschaften bei einer gewissen Grenze plötzlich aufhört; diejenigen Eigenschaften alsdann, welche dem Körper in höherem Grade eigen sind, welche also bei ihrer Erprobung einen größern Spielraum gestatten, werden als die für den Körper bezeichnenden betrachtet. Stahl und Glas z. B. sind harte Körper; sie sind zugleich biegsam und elastisch; überschreiten wir aber bei Erprobung dieser letztern Eigenschaften eine gewisse Grenze, so machen wir plötzlich die Erfahrung, daß sie auch spröde sind. Kreide und Graphit sind ziemlich weiche Körper, sie lassen sich schon mit dem Nagel des Fingers ritzen; dabei sind sie aber sehr spröde und zeigen einen außerordentlich geringen Grad von Biegsamkeit und Elastizität.

Der Uebergang von den festen Körpern zu den flüssigen ist ganz unmerklich; es gibt Zwischenstufen, die man ebensowohl hieher als dorthin zählen kann. Die Flüssigkeiten unterscheiden sich selbst wieder unter einander durch den Grad der Verschiebbarkeit ihrer einzelnen Theile: es gibt zähe und dickliche Flüssigkeiten, wie Syrup, Eiweiß u. s. w., bei denen die Moleküle, obgleich sie sehr leicht und in jeder Weise verschiebbar sind, dennoch eine ziemlich starke Neigung zeigen, miteinander vereinigt zu bleiben und sich gegenseitig an einander anzuhängen, während bei andern die Verschiebung zugleich von einer vollständigen, plötzlichen Trennung der vorher zunächstgelegenen Moleküle begleitet ist, wie bei reinem Wasser, Weingeist u. s. f. Dieser erhöhte Grad des Flüssigseins zeigt sich hauptsächlich in der raschen Tropfenbildung, wenn solche Flüssigkeiten ausgegossen werden.

Wenn nämlich flüssige Körper nicht in einem Gefäß zusammengehalten, sondern frei in die Luft oder in den leeren Raum ausgegossen werden, so macht sich die Cohäsionskraft in der Art geltend, daß sie größere oder kleinere Mengen derselben in kugelförmige Gestalten oder Tropfen vereinigt — daher der Name: tropfbar flüssige Körper —, die sich immer bilden, wenn die ganze Masse in viele kleine Parthieen sich zertheilt, oder wenn wenigstens geringe Mengen von der Hauptmasse sich ablösen. Beispiele hievon haben wir täglich vor Augen: die Wolke gießt den Regen tropfenweise herab; der Thau hängt sich in Tropfen an die Spitzen der Grashalme; die Thräne rinnt als Perle über die Wange; das Quecksilber rollt in kleinen Kügelchen über eine glatte Fläche hinweg; und sollten nicht auch die Weltkörper ihre Kugelform ihrem ur-

sprünglich flüssigen oder doch außerordentlich leicht verschiebbaren Zustand zu verdanken haben?

Bei den gasförmigen Körpern scheint es fast, als sei die Cohäsionskraft ganz erloschen, als seien nur noch Repulsivkräfte in ihnen thätig. Wie aber, wenn wir die Cohäsionskraft bei vielen gasförmigen Körpern in dem Augenblicke wieder erwachen und in voller Stärke wirken sehen, sobald wir die Gasmoleküle durch Zusammenpressen in einen engen Raum wieder in den tropfbar-flüssigen Zustand zurückzugehen gezwungen haben?

Wir sehen uns genöthigt, hier einen weitern Gegenstand in unsere Betrachtung einzuführen, ohne welchen wir nur eine unvollkommene Einsicht in die Art der Verbindung der kleinsten Körpertheilchen in festen und flüssigen, in das eigentliche Wesen der gasförmigen Körper, sowie in den Uebergang der Körper aus einer dieser Formen in die andere erhalten können. Die Wärme ist es, welche bei der Art der Anlagerung — Aggregation — der Körpertheilchen eine ebenso bedeutende Rolle spielt, und die Aggregationsform oder den Aggregatzustand eines Körpers — ob fest, flüssig oder gasförmig — ebensowohl bedingt, als die Cohäsionskraft selbst.

Es ist oben gesagt worden, daß verschiedene Beobachtungen bei festen und flüssigen, sowie insbesondere bei gasförmigen Körpern uns zwingen, neben den Attraktivkräften auch Repulsivkräfte als beständige Begleiter aller Materie anzunehmen. Nun hat aber die Beobachtung gezeigt, daß, wo immer die Repulsivkräfte ab- oder zunehmen, auch eine Verminderung oder eine Vermehrung an Wärme damit verbunden ist.

Jedermann weiß, daß durch Wärme die Körper ausgedehnt, ihr Volumen vergrößert, oder, mit andern Worten, ihre kleinsten Theilchen auseinander gerückt werden, während durch Erkältung das Gegentheil hervorgebracht wird. Eine Metallstange wird durch Erhitzung länger und dicker; ein glühender, eiserner Reif hält beim Erkalten das Rad fest zusammen, um das er im erhitzten Zustand mit ziemlicher Leichtigkeit gelegt wurde; ein im Hals einer Flasche festsitzender, gläserner Stöpsel kann ohne Anstrengung herausgezogen werden, wenn durch leichtes Erwärmen — entweder über einer Flamme oder durch Reibung mittelst einer leicht umwickelten Schnur — der Hals erweitert wird; ein mit Wasser vollgefülltes Gefäß läuft bald über, wenn es über das Feuer gehalten wird; das Quecksilber im Thermometer steigt in der Röhre, sobald es in eine wärmere Temperatur gebracht wird; eine zugebundene, mit nur wenig Luft gefüllte Blase wird auf einem warmen Ofen straff ausgespannt, und zerspringt auch wohl durch die allzugroße Ausdehnung der in ihr enthaltenen Luft.

Dieses Gesetz ist ganz allgemein gültig, und wenn Ausnahmen statt-

finden, so sind dieselben entweder nur scheinbar oder sie beruhen auf hinzutretenden Umständen anderer Art. Wenn z. B. Holz, Lehm u. s. w. durch Erwärmen ihr Volumen verkleinern, oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, schwinden, so beruht dieß auf der Verflüchtigung des Wassers, welches in den Poren dieser Körper enthalten war und ihr Volumen vergrößert hatte; am deutlichsten erkennt man dieß, wenn die Entfernung des Wassers nur einseitig geschieht, wobei die Gegenstände in der Regel eine gekrümmte Gestalt annehmen: Krümmen der Faßdauben durch Erhitzen von innen und Besprengen mit Wasser von außen; Zerspringen — unter Absonderung konkaver, schuppenartiger Stücke — des durch die Sonne von oben erhitzten schlammigen Bodens in ausgetrockneten Pfützen oder Teichen; Zusammenrollen der von der Sonne beschienenen Blätter der Pflanzen u. s. w. Wenn dagegen Wasser bei einer Temperatur von 4° plötzlich aufhört, sich durch Kälte zusammenzuziehen, und im Gegentheil in der Nähe des Gefrierpunktes sich wieder ausdehnt, so hat dieß seinen Grund darin, daß die Wassertheilchen von jenem Punkt an allmälig eine andere Lage, und zwar die, welche sie im Eise haben, annehmen; das Eis nimmt nämlich ein größeres Volumen ein, als das Wasser, aus dem es entstanden ist, woraus sich das Zerspringen von Gläsern und Flaschen, in welchen Wasser gefriert und das Bersten der Steine und Bäume im Winter erklärt.

Die Erfahrung lehrt ferner, daß Wärme erforderlich ist, um einen Körper vom festen Aggregatzustand in den flüssigen, oder vom flüssigen in den gasförmigen überzuführen, und daß durch Erkältung, d. h. durch Entziehung von Wärme, die umgekehrte Verwandlung veranlaßt wird. Eis schmilzt, Wasser verdampft in der Wärme; Oel und Quecksilber werden fest in großer Kälte, und Eisen wird bei sehr hoher Temperatur flüssig.

Wenn wir nun sehen, daß die Stärke der Repulsivkraft der Materie im engsten Zusammenhang mit der vorhandenen Wärmemenge steht; daß jene zunimmt, wenn Wärme zugeführt, und abnimmt, sobald Wärme entzogen wird: so werden wir nothwendig auf den Schluß geführt, die Wärme selbst als die Quelle oder den Träger dieser Art von Repulsivkraft zu betrachten, wie dieß denn auch heutzutage die herrschende Ansicht ist. Gründe, auf die wir bei ausführlicherer Behandlung der Wärme in einem spätern Buche zurückkommen werden, haben die Physiker zu der Annahme geführt, daß die Wärme ein eigenthümlicher, äußerst feiner Stoff — Wärmestoff — sei, welcher entweder gar keine Schwere besitze oder doch so leicht sei, daß unsere subtilsten Wagen sein Gewicht nicht anzuzeigen vermögen — man nennt solche Stoffe Imponderabilien oder unwägbare Stoffe —, und welcher den beständigen Begleiter

aller und jeder Materie bilde. Denken wir uns nun, die einzelnen Partikelchen des Wärmestoffs stoßen sich gegenseitig ab, werden aber von der übrigen Materie angezogen, so daß jedes Massentheilchen von einer dünnen Wärmehülle umschlossen sei, so brauchen wir der Materie nur Attraktivkräfte beizulegen, um alle Aggregationserscheinungen auf einfache Weise zu erklären.

In festen Körpern hat die Cohäsionskraft ein bedeutendes Uebergewicht über die abstoßende Kraft der Wärme; tritt aber weitere Wärme hinzu, so wächst damit ihre Repulsivkraft und die Wirkung jener wird dadurch in Etwas gelähmt: die Moleküle treten weiter auseinander, — der Körper dehnt sich aus. Bei hinreichender Vermehrung der Wärme nähern sich Cohäsions- und Repulsivkräfte dem Gleichgewicht, die Moleküle treten in eine ungezwungenere, leichter verschiebbare Stellung zu einander (glühendes Eisen, weiches Wachs); das Gleichgewicht zwischen beiden Kräften ist endlich hergestellt: der Körper ist flüssig geworden. Wenn schon in diesem Stadium die Repulsivkraft da, wo die Moleküle nur einseitig durch die Cohäsionskraft gehalten sind, wie an der Oberfläche der Flüssigkeit, das Uebergewicht erlangt, so daß sie bei jeder Temperatur einzelne Körpertheilchen in Gasform überführt (Verdampfen des Wassers, des Quecksilbers u. s. w. an der Oberfläche), so reicht eine geringe Vermehrung der Wärme hin, um ihre abstoßende Kraft ganz zur Herrschaft zu bringen: die Flüssigkeit geht in den gasförmigen Zustand über.

Nicht alle Körper indessen lassen sich in alle drei Aggregationsformen überführen: manche derselben werden durch zu starke Erwärmung ganz umgewandelt, ihre Bestandtheile entweder zersetzt oder in neue Verbindungen gebracht, wie die meisten pflanzlichen und thierischen Stoffe; bei andern dagegen sind wir nicht im Stande, die Erhitzung oder die Erkältung so zu steigern, daß dadurch eine Veränderung ihres Aggregatzustandes veranlaßt würde. So sind wir zwar wohl im Stande, Wasser, Quecksilber, Schwefel, Kohlensäure u. s. w. in allen Aggregationsformen darzustellen; es gelingt uns, Eisen durch die höchsten Hitzgrade flüssig zu machen; wir verwandeln Chlorwasserstoffgas durch ungeheuern Druck und das Gas der schwefligen Säure durch beträchtliche Erkältung in Flüssigkeiten: aber es ist unserem stärksten Feuer noch nicht gelungen, den Kohlenstoff, dessen reinste Form wir im Diamant bewundern, aus seiner festen, starren Form zu rütteln, noch die atmosphärische Luft, die uns umgibt, sei es durch Druck oder durch Erkältung, zu zwingen, die Gasform aufzugeben und den flüssigen Zustand anzunehmen. —

Diejenigen Gase, welche bis jetzt auf keine Weise in Flüssigkeiten verwandelt werden konnten, nennt man permanente oder beständige Gase; diejenigen dagegen, welche, sei es durch Anwendung von Kälte,

oder durch Druck, oder durch beides zugleich, tropfbar-flüssig gemacht werden können, — coercibele oder zusammendrückbare Gase, manchmal auch ausschließlich: Dämpfe.

Ehe wir diesen Gegenstand verlassen, haben wir noch auf eine besondere, höchst interessante Aggregationsform der Körper aufmerksam zu machen. Bei den meisten festen Körpern nämlich, die uns im gewöhnlichen Leben vorkommen, erscheint die Anlagerung der Moleküle im Innern als ganz unregelmäßig und die äußere Gestalt als rein zufällig und gänzlich unabhängig von der innern Anlagerung — Struktur — der Körper. Anders ist dieß bei jenen regelmäßig gebildeten Körpern, die wir mit dem Namen „Krystalle" bezeichnen. Hier sind nicht allein die einzelnen Moleküle, kleinere Gruppen derselben, ja ganze Schichten nach der strengsten Gesetzmäßigkeit an einander gelagert, sondern es steht auch die äußere Gestalt des Körpers in engster Beziehung zu der inneren Struktur, so daß seine ganze Bildung auf streng mathematische Grundsätze zurückgeführt werden kann. — Der Raum gestattet uns nicht, auf diesen interessanten Gegenstand näher einzugehen, und die mannigfaltigen Formen der Krystallisation im Einzelnen zu berühren. Beschränken wir uns daher auf folgende allgemeine Bemerkungen:

Die Krystallbildung tritt nur dann ein, wenn die Moleküle des Körpers vor dem Festwerden in völlig ungebundener Lage zu einander sind, d. h. wenn sie entweder selbst im flüssigen oder gasförmigen Zustand sich befinden, oder doch in einer Flüssigkeit aufgelöst sind. Geschmolzener Schwefel z. B. bildet Krystalle, wenn man Sorge trägt, ihm den gehörigen Raum dazu zu verschaffen, indem man die beim Erkalten desselben auf der Oberfläche sich bildende Kruste durchstößt und einen Theil des noch flüssigen Schwefels ausgießt; Schneeflocken sind Eiskrystalle, die sich in der Luft aus gasförmigem Wasserdampf gebildet haben; auch sehen wir an unsern Fenstern im Winter eine Neigung zur Krystallbildung, wenn sich die Feuchtigkeit der Zimmer an denselben niederschlägt und zugleich gefriert. Auflösungen von Kochsalz, Kupfervitriol u. s. w. in Wasser bilden beim allmäligen Verdunsten des Wassers sehr leicht Krystalle.

Der schlagendste Beweis für die gesetzmäßige Struktur der Krystalle ist die regelmäßige Theilbarkeit derselben. Wir entdecken an ihnen nämlich leicht eine oder mehrere Ebenen, deren Lage sich wiederum nach ihrer äußern Gestalt richtet, nach welchen sie leichter getheilt oder gespalten werden können, als nach irgend einer andern Richtung. Man nennt daher diese Ebenen auch Theilungsebenen oder Spaltflächen. — Diese Theilungsebenen findet man z. B. sehr leicht bei Kochsalz-, Gyps- und Flußspathkrystallen.

Die vielen und mannigfaltigen Krystallformen, welche im Mineralreich vorkommen, lassen sich in ganz wenige Gruppen oder Systeme zusammenstellen. In jedem Krystall kann man sich durch den Mittelpunkt Linien gezogen denken, die zwei gleiche gegenüberliegende Flächen, Kanten oder Ecken mit einander verbinden; — diese Linien heißen die Axen des Krystalls. Die Zahl dieser Axen, ihre verhältnißmäßige Länge, so wie die Größe der Winkel, welche sie unter sich bilden, stimmen bei vielen, äußerlich oft sehr verschiedenen Krystallformen überein, und man hat daher auf diese Merkmale eine Eintheilung derselben gegründet. Diejenige Krystallform, aus welcher alle übrigen eines und desselben Systems am einfachsten hergeleitet, d. h. durch Abstumpfung oder Zuspitzung symmetrisch liegender Ecken oder Kanten — vermittelst einer, zweier oder mehrerer Ebenen erzeugt werden können, heißt die Grund- oder Kernform des Systems.

Man stellt gewöhnlich folgende 6 Systeme auf:

A. Dreiaxige Krystallformen, deren Axen sich unter rechten Winkeln kreuzen:

1) Alle drei Axen haben gleiche Länge, wie beim Würfel und Octaeder; — Tesseralsystem.

2) Zwei Axen sind gleich lang, die dritte ist kürzer oder länger, wie bei dem quadratischen Prisma; — Tetragonalsystem.

3) Alle drei Axen sind ungleich, wie beim geraden, rectangulären Prisma; — Rhombisches System.

B. Dreiaxige Krystallformen, bei denen sich nicht alle Axen, die überdieß ungleich sind, unter rechten Winkeln kreuzen:

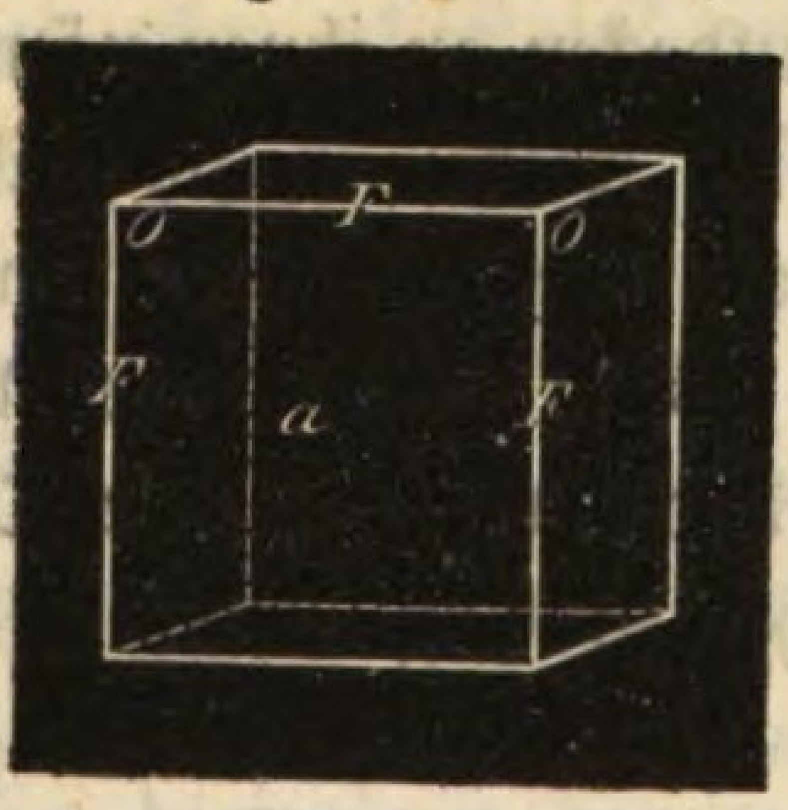
4) Zwei Axen stehen senkrecht auf einander, die dritte ist schief; — Klinorhombisches System.

5) Alle drei Axen kreuzen sich unter schiefen Winkeln; — Klinorhomboidisches System.

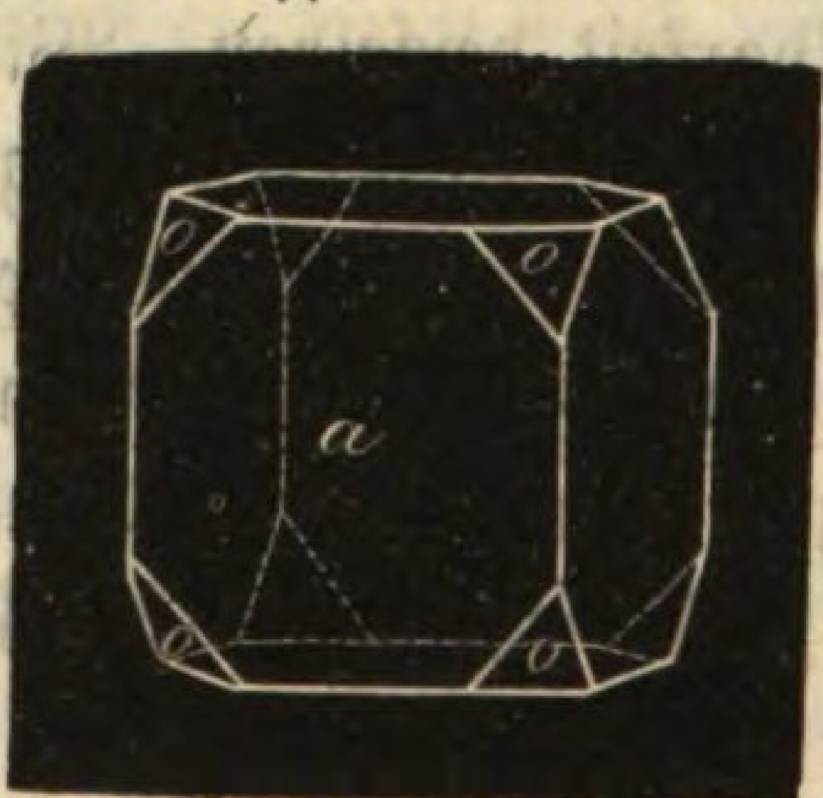
C. Vieraxige Krystallformen:

6) Drei gleiche Axen kreuzen sich unter Winkeln von 60°, die vierte steht senkrecht auf jenen; — Hexagonalsystem.

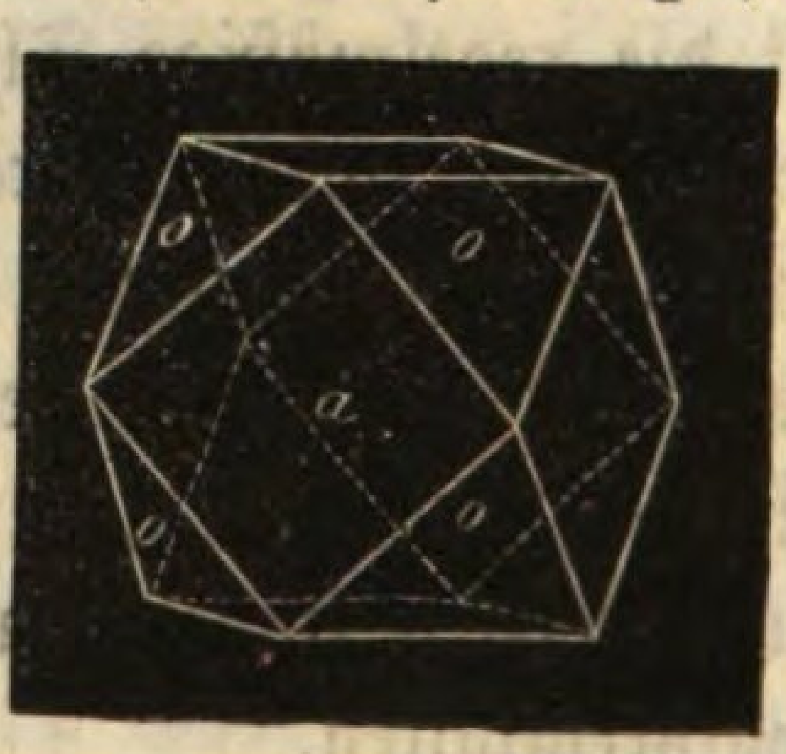
Die folgenden Zeichnungen sollen an einigen Beispielen veranschaulichen, wie die abgeleiteten Gestalten der Krystalle aus den Grundformen hervorgehen.



1.

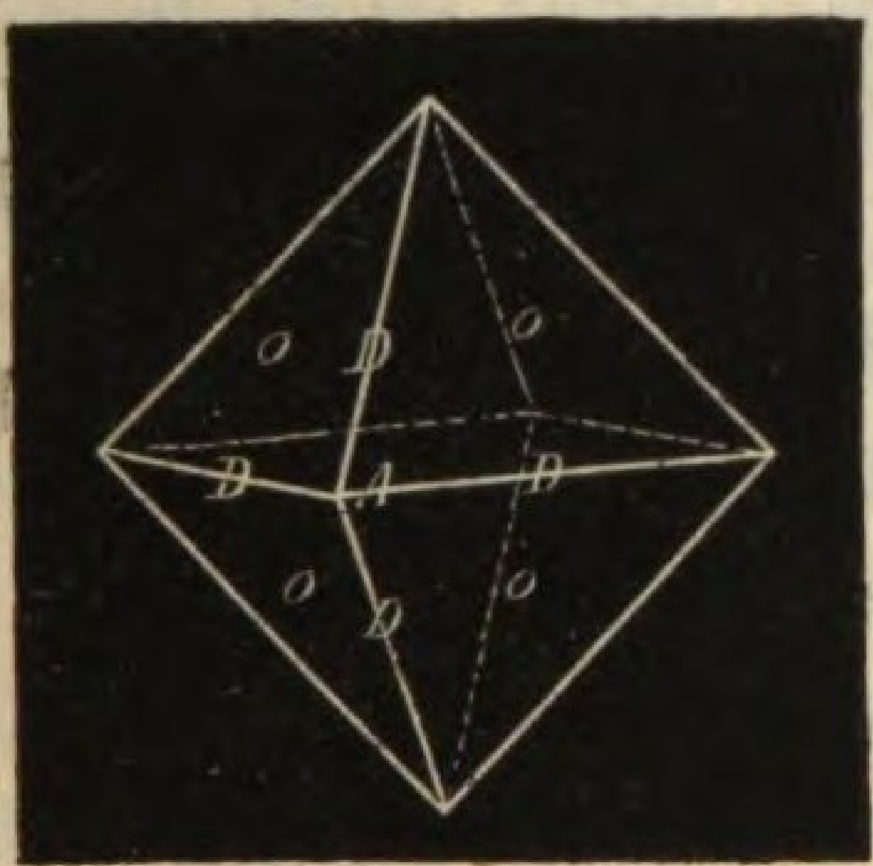


2.

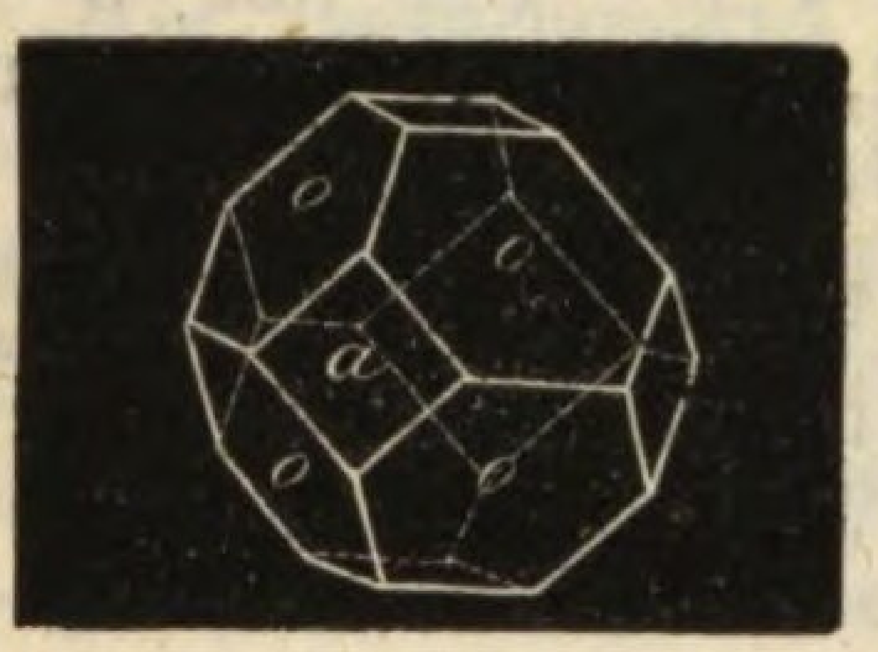


3.

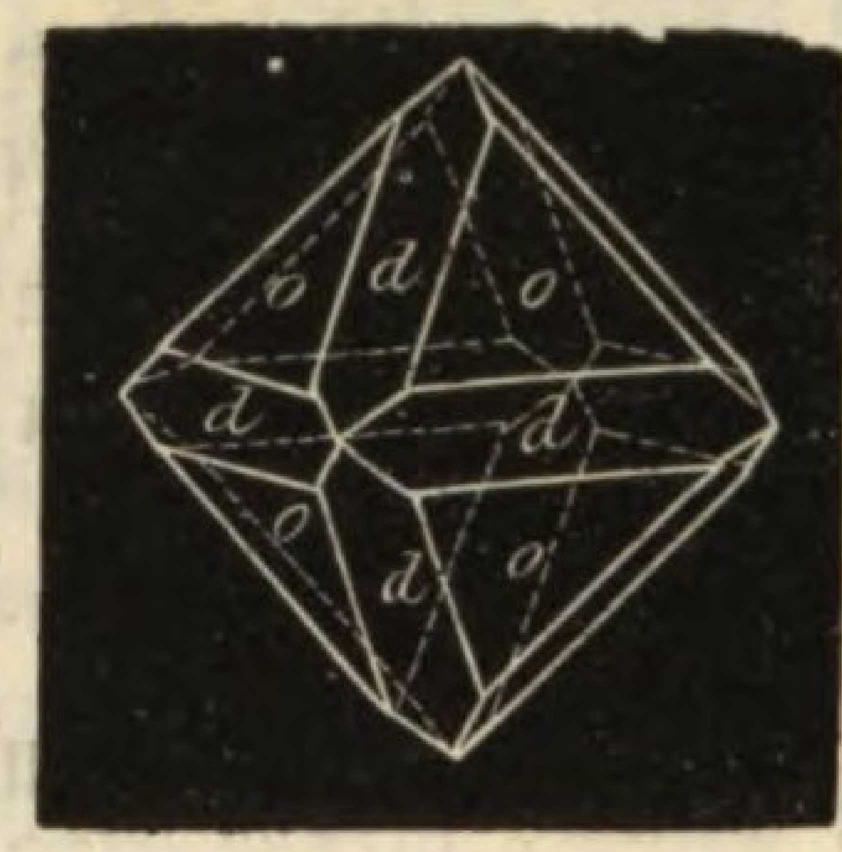
Eine der Grundformen des Tesseralsystems ist der **Würfel** oder **Kubus** (1); durch **Enteckung** desselben entstehen acht Dreiecke (2, o) und aus den Quadraten werden achteckige Gestalten (2, a); wird die Enteckung weiter fortgesetzt, so gehen diese Achtecke wieder in Quadrate über (3, a). Diese Gestalt (3) heißt **Kubo-Oktaeder**, da sie die Mittelgestalt zwischen Kubus und Oktaeder (4) bildet; a ist die ursprüngliche Würfelfläche und die Dreiecke (o) sind Oktaederflächen, welche endlich, wenn die Operation weit genug fortgesetzt wird, die Quadrate ganz verdrängen und dann ein reines Oktaeder bilden.



4.

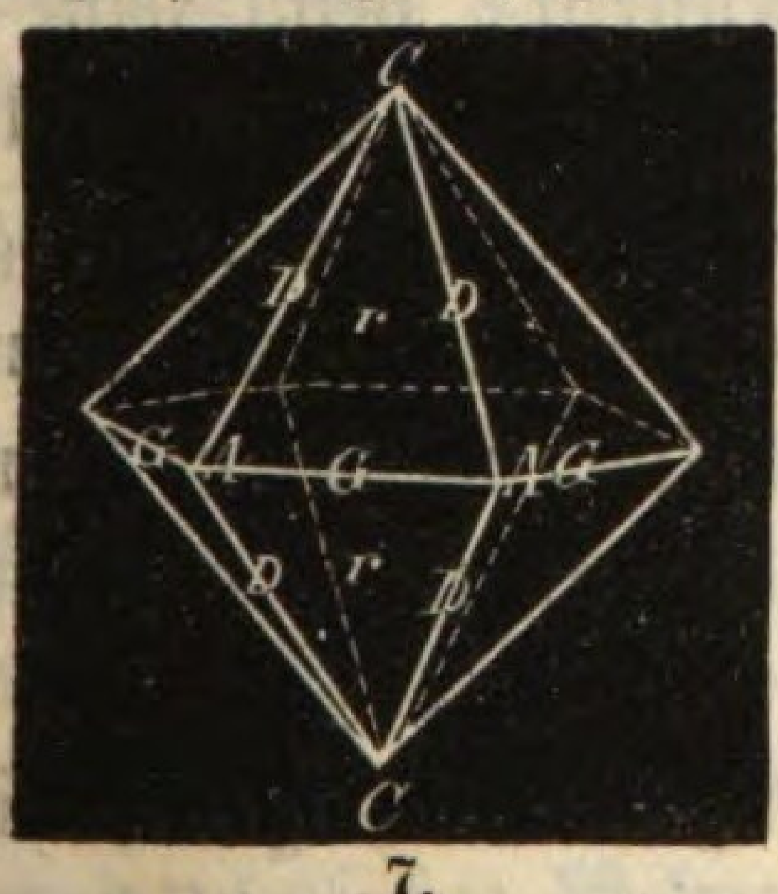


5.

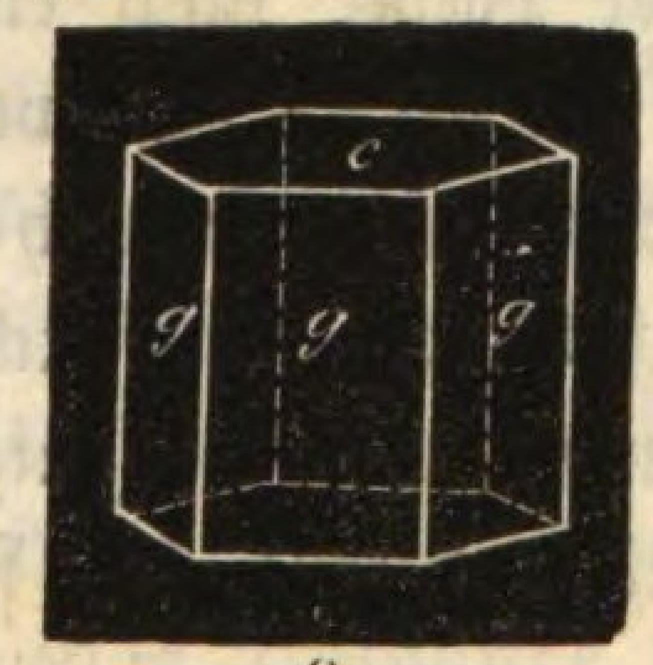


6.

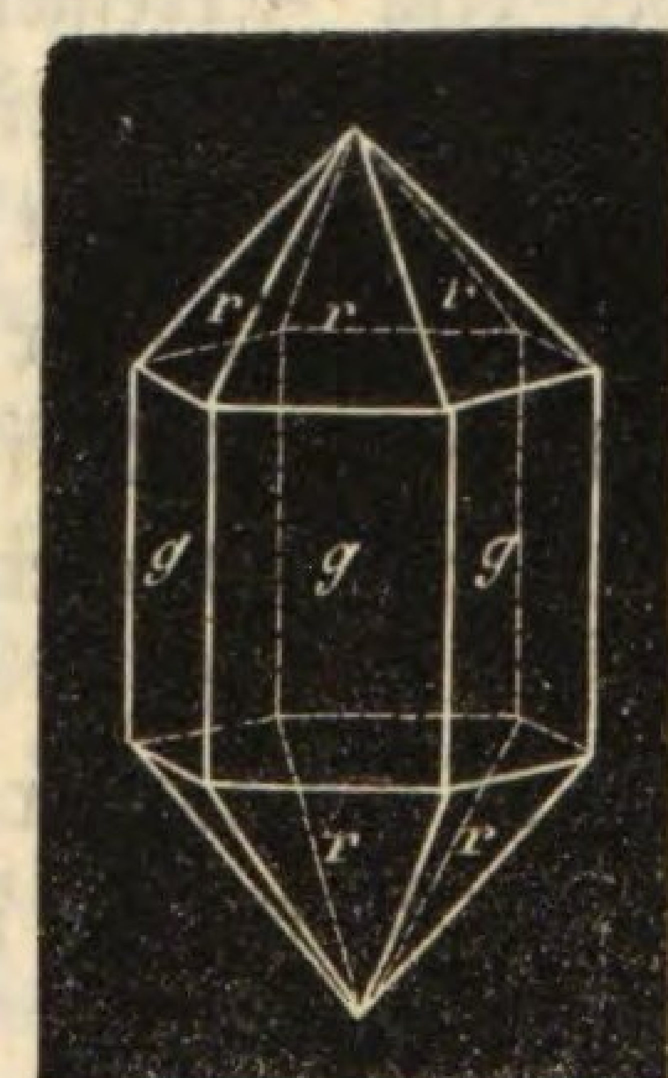
Wird das Oktaeder (4) **enteckt**, so entstehen an der Stelle der Ecken Quadrate (5, a); setzt man die Enteckung weiter fort, so kommt man wieder auf die Gestalt 3, dann auf 2, und endlich erhält man wieder den Würfel. Wir sehen also, daß die beiden Grundgestalten, **Würfel** und **Oktaeder**, gegenseitig aus einander abgeleitet werden können. Durch **Entkantung** des Oktaeders erhält man die Gestalt 6, wo die ursprünglichen Oktaederflächen (o) kleiner geworden, und an die Stelle der Oktaederkanten sechseckige Figuren (d) getreten sind.



7.



8.



9.

Die Figur 7 stellt die sechsseitige Doppelpyramide oder das **Bipyramidal-Dodekaeder** und 8 die **sechsseitige Säule**, zwei Grundformen des Hexagonalsystems, dar. Werden die Randkanten (G) des ersteren abgestumpft — **Entrandung** —, so entsteht die abgeleitete Gestalt 9; entfernt man bei dieser noch die Spitze — **Entscheitelung** —, so er-

hält man die sechsseitige Säule. Ebenso kann auch umgekehrt aus dieser durch Entrandung — Abstumpfung der horizontalen (in der oben gegebenen Stellung) oder Randkanten — auch das Bipyramidal-Dodekaeder erhalten werden. (Am schnellsten wird der Leser zum klaren Verständniß dieser Umwandlungen gelangen, wenn er sie selbst ausführt, indem er zur Nachbildung dieser Gestalten irgend einen Stoff wählt, der sich leicht mit dem Messer bearbeiten läßt — Kreide, Seife, rohe Kartoffeln &c.)

Nicht so regelmäßig, wie die eigentlichen Krystalle, aber doch nach gewissen Normen gebildet, sind jene Aggregationsformen, die wir, was innere Struktur betrifft, mit den Namen krystallinisch, strahlig, faserig, blätterig, schalig, stänglig u. s. w., und in Betreff ihrer äußern Gestalt mit dendritisch (baumförmig), staudenförmig, netzförmig, büschelförmig, nierenförmig, traubig, knollig, kuglig u. s. w. bezeichnen.

Von der Festigkeit der Körper.

Sowohl die Cohäsions- als die Repulsivkräfte der Körper werden im praktischen Leben vielfach in Anspruch genommen. Man bezeichnet mit dem Namen „Festigkeit der Körper" die Größe des Widerstands, welchen sie äußeren Ursachen, die auf Trennung oder Verschiebung ihrer Theile hinwirken, leisten. Wir unterscheiden hauptsächlich viererlei Arten der Festigkeit, welche bei den verschiedenen Materialien, die man beim Maschinen- und Häuserbau, zu Werkzeugen und Geräthschaften aller Art verwendet, in Anspruch genommen werden. Der Widerstand, welchen ein Körper dem Zerreißen der Länge nach entgegenstellt, heißt seine Zug- oder absolute Festigkeit; derjenige, welchen er einer Kraft leistet, die ihn abzubrechen strebt, heißt seine Bruch- oder relative Festigkeit; die Kraft, mit welcher er sich dem Zerdrücken widersetzt, nennt man seine Druck- oder rückwirkende, und diejenige endlich, welche er dem Zerreißen durch Abdrehen entgegenstellt, — seine Drehungs- oder Torsionsfestigkeit.

Es ist für das praktische Leben von der größten Wichtigkeit, die verschiedenen Arten der Festigkeit gewisser Materialien, namentlich die der Metalle, der Steine und der Holzarten, zu kennen, um bei ihrer Anwendung zum Häuser-, Straßen-, Brücken-, Maschinenbau u. s. w. zum Voraus Anhaltspunkte für ihre Leistungsfähigkeit in der einen oder andern Beziehung zu haben. Deßhalb wurden schon im Anfang des vorigen Jahrhunderts die ersten Versuche über diesen Gegenstand gemacht, und dieselben bis zur Stunde fortgesetzt, um immer genauere, sicherere und zahlreichere Resultate zu gewinnen. — Zu diesem Ende wurden genau gear-

beitete prismatische und cylindrische Stäbe von im Verhältniß zu ihrem Querschnitt verschiedenen Längen verfertigt, und diese nach und nach so stark belastet, bis ein Bruch — eine Trennung der Theile in der einen oder andern Weise erfolgte.

Sehr gründliche Untersuchungen und mit vieler Umsicht und Genauigkeit angestellte Experimente verdanken wir den Franzosen Vicat und Poncelet. Sie fanden zunächst, daß wohl zu unterscheiden ist zwischen derjenigen Kraft, welche nur kurze Zeit — einige Minuten, Stunden, Tage — und derjenigen, welche auf unbestimmte Zeit hinaus der zerstörenden Kraft Widerstand zu leisten hat. Ein Backsteinwürfel z. B. zerbrach unter der Hälfte der Last, der er momentan widerstanden hatte, am 95. Tage; dagegen war bei Mörtel nach 14, bei oolithischem Kalk und bei lithographischem Stein nach 3 Monaten unter denselben Umständen (Hälfte der momentanen Last) noch keinerlei Veränderung zu bemerken. Interessant ist in dieser Beziehung die Geschichte des Pantheons in Paris: sämmtliche Säulen, auf dem es ruht, haben eine momentane Kraft von 26755634 Kilogr. *), sind aber nur mit etwas über ein Viertel davon, nämlich mit 7019496 Kilogr. belastet. Dennoch zeigten sich nach Verfluß einer Reihe von Jahren Sprünge und Risse, deren Zahl im Jahr 1780 auf 96 und im Jahr 1797 auf 650 stieg, so daß der Einsturz des Gebäudes mit der Zeit zu erwarten gewesen wäre, wenn man nicht durch Hilfspfeiler im Innern des Doms demselben vorgebeugt hätte.

Die Baumeister setzen daher die ausdauernde Festigkeit (für sichere Belastung auf eine unbegrenzte Zahl von Jahren) bei Gußeisen auf $^1/_4$ bis $^1/_5$, bei Schmiedeeisen auf $^1/_6$ bis $^1/_7$, bei Holz auf $^1/_{10}$, bei Steinen (in Beziehung auf ihre Druckkraft, die fast ausschließlich in Anwendung kommt) auf $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$ der momentanen Festigkeit; ist bei steinernen Säulen die Höhe im Verhältniß zur Dicke sehr beträchtlich, so muß dieser Bruchtheil noch weiter, bis zu $^1/_{20}$, vermindert werden. Man hat für diese Bruchtheile sehr ausführliche Tabellen angelegt; allein am Ende muß denn doch die praktische Erfahrung Schiedsrichterin sein, da in der Praxis in den wenigsten Fällen so günstige Umstände vorhanden sind, wie beim Experiment; vielmehr vereinigen sich dort häufig störende Einflüsse aller Art, wie: schlechte Behandlung der Materialien, ungeschicktes Setzen der Werkstücke, unsichtbare, innere Schäden der Materialien, Erschütterungen, Einwirkung der Witterung, welche geeignet sind, alle diese Vorschriften als zweifelhaft erscheinen zu lassen.

Das Hauptgesetz in Beziehung auf die Zugfestigkeit heißt: die Zugfestig-

---

*) 1 Kilogramm = dem Gewicht eines Liter destillirten Wassers bei 4°.

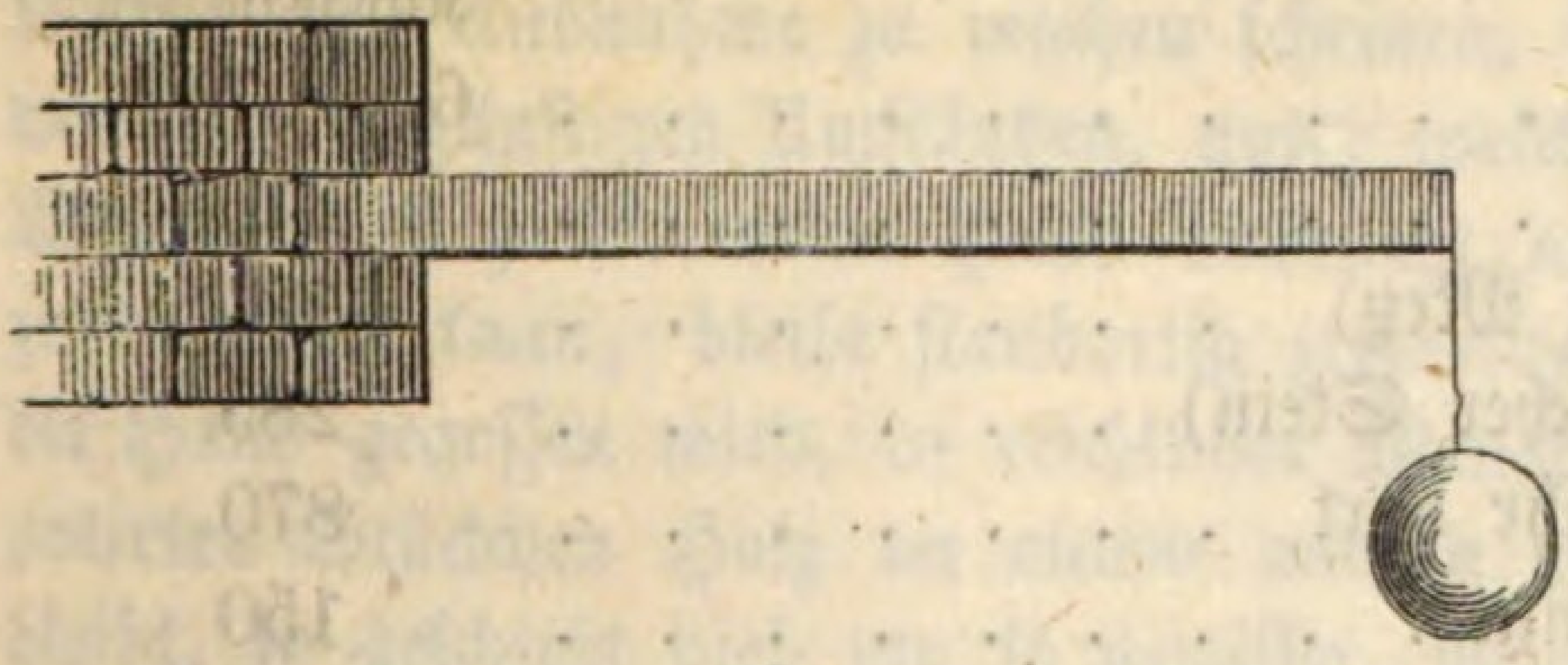
keit ist dem Querschnitt direkt proportional; d. h. je größer der Querschnitt oder die Bruchfläche bei demselben Material, desto größer die Zugfestigkeit, und umgekehrt. Bei doppeltem, drei-, vierfachem u. s. w. Querschnitt ist auch die Zugfestigkeit 2-, 3-, 4mal so groß. Mit der Härte und Dichtigkeit der Körper steht sie in keinem bestimmten Verhältniß. An der Bruchstelle verkleinert sich kurz vor dem Zerreißen der Querschnitt, und der Körper wird verlängert.

Zugfestigkeit einiger besonders wichtiger Materialien:

Namen der Materialien:	Zugfestigkeit in Kilogr. bei 1 Quadr. Centimeter Querschnitt:
Schmiedeisen, beste Qualität	6000
" " schwächste Sorte	2500
Eisendraht, unausgeglüht, von 0,5—1 Millim. Durchmesser	8000
" " der schwächste, von großem Durchmesser . .	5000
" " in Form von Tauen	3000
Gewöhnliche Wagenketten	2400
Gußeisen, graues	1350
Stahl, beste Qualität (Cementstahl)	10000
" der schlechteste	3600
Bronze, Kanonenmetall	2600
Kupferblech	2500
Kupfer, gegossen	1340
Kupferdraht, unausgeglüht, stärkste Sorte (von weniger als 1 Millim. Durchmesser)	7000
Kupferdraht, unausgeglüht, schlechteste Sorte	4000
Messing	1260
Messingdraht, unausgeglüht, stärkste Sorte (von weniger als 1 Millim. Durchmesser)	8500
Platindraht, unausgeglüht, von 0,127 Millim. Durchmesser	11600
Zinn, gegossen	300
Zink, gegossen	600
" geschlagen	500
Blei, gegossen	128
" geschlagen	135
Eichenholz in der Richtung der Fasern	600—800
Tannenholz " " " " "	800—900
Buchenholz " " " " "	800
Eschenholz " " " " "	1200
Ulmenholz " " " " "	1040
Buchsbaumholz " " " "	1400
Birnbaumholz " " " "	690

Gut gearbeitete, hänfene Taue, Stricke und Schnüre haben ungefähr $^1/_{10}$ von der Zugfestigkeit des Eisens (von gleichem Querschnitt). Gehäckelte und gestrickte sind bei weitem stärker, und unter den gedrehten sind diejenigen die stärksten, bei welchen die Hanffäden um $^1/_5$ ihrer Länge eingedreht worden sind.

Wenn sich aus den Versuchen über die verschiedenen Arten der Festigkeiten der Körper ergeben hat, daß diese in keiner engern Beziehung zu einander stehen, so läßt sich eine solche noch am ehesten zwischen der Zug- und der Bruch- oder relativen Festigkeit erkennen, was leicht daraus zu erklären ist, daß die einzelnen Fasern, je weiter sie von der Unterstützungs- oder Bruchkante, um die sich der Körper beim Brechen wie um eine Axe dreht, entfernt sind, mehr dem Zerreißen als dem Zerbrechen ausgesetzt sind. Die Theorie lehrt, daß die Bruchfestigkeit eines Prisma's der Breite und dem Quadrat der Höhe direkt, der Länge desselben dagegen umgekehrt proportional ist; d. h. von zwei gleich langen und im Querschnitt gleich hohen Prismen hat das doppelt so breite die doppelte; von zwei gleich langen und gleich breiten hat das doppelt so hohe die vierfache, und von zwei gleich breiten und gleich hohen hat das doppelt so lange nur die halbe Bruchfestigkeit des andern Prisma's. Wenn im Allgemeinen die Praxis annähernd mit diesen Resultaten übereinstimmt, so weicht sie dennoch in Beziehung auf die Länge in der Weise wesentlich ab, daß über eine gewisse Grenze hinaus die zunehmende Länge (bei gleichem Querschnitt) keinen merklichen Einfluß mehr auf die Bruchfestigkeit hat.



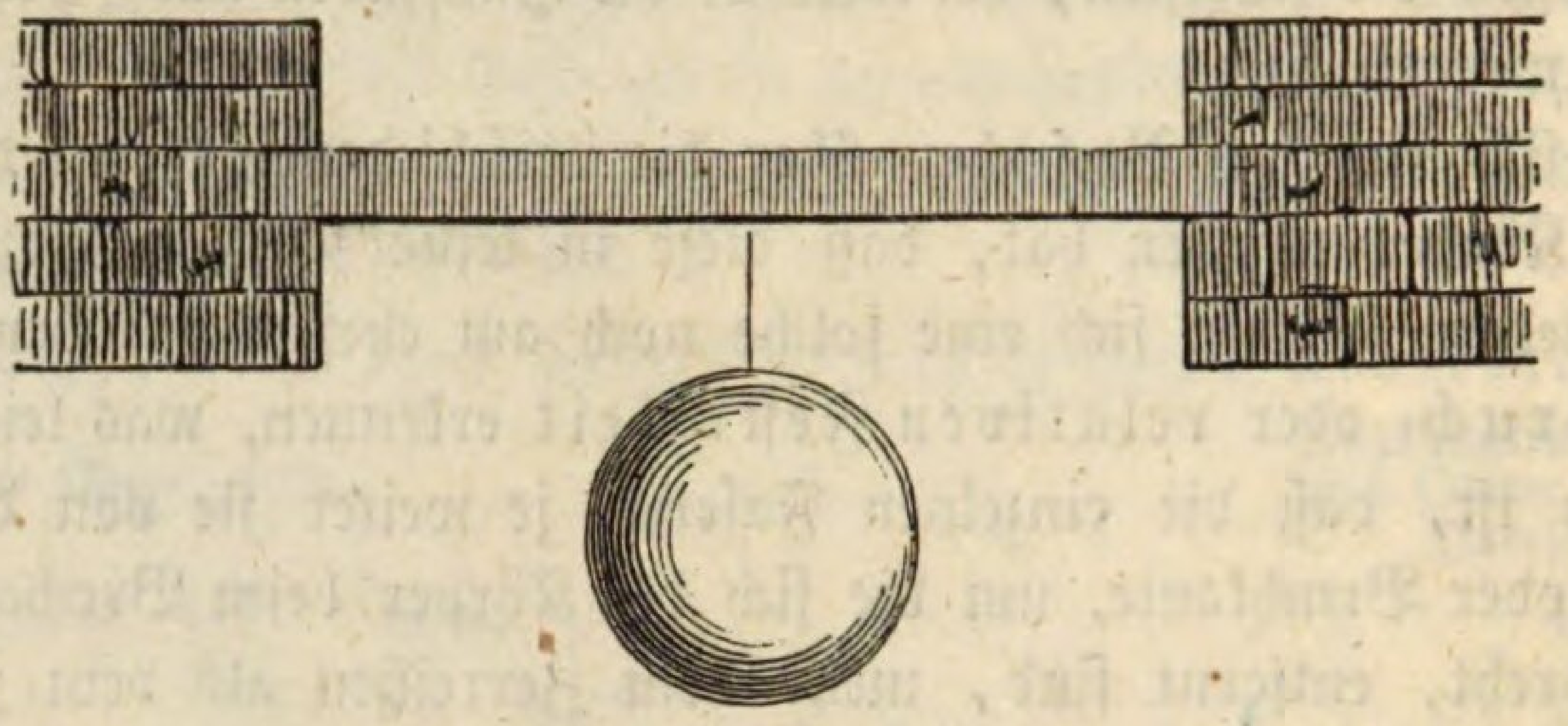
1.

Wenn ein Prisma von bestimmtem Material, und von bestimmten Dimensionen, das an dem einen Ende eingemauert ist, wie bei 1, im Stande ist, eine gewisse Last, die an seinem freien Ende angehängt ist, zu tragen, so trägt dasselbe Prisma die doppelte Last, wenn diese gleichförmig auf seine ganze Länge vertheilt ist; es trägt ferner die vierfache Last, wenn es, statt eingemauert, an beiden Enden frei aufliegt, wie bei 2, und wenn die Last in der Mitte wirkt; fer-



2.

ner unter gleichen Umständen die achtfache Last, wenn diese auf der ganzen Länge des Prisma's gleich vertheilt ist. Ist endlich das Prisma an beiden Enden eingemauert, wie bei 3, und wirkt die Last in der



3.

Mitte, so läßt dasselbe ebenfalls die achtfache, und für den Fall der gleichmäßigen Vertheilung der Last über seine ganze Länge die 16fache Last zu, ehe es bricht.

Die rückwirkende oder Druckfestigkeit eines Prisma's von quadratischer Basis ist dem Querschnitt direkt proportional, dagegen nimmt dieselbe ab, wenn man die Höhe (bei gleichem Querschnitt) von einem gewissen Punkt an, der für verschiedene Materialien verschieden ist, vermehrt oder vermindert. In nachstehender Tabelle sind die wichtigsten Resultate zusammengestellt, welche genaue Versuche, die mit Würfeln von 1 Centimeter Seite angestellt wurden, geliefert haben.

Namen der Materialien:	Druckfestigkeit in Kilogrammen:
Granit	600—700
Marmor	310
Jurakalk (Oolith von Metz)	120
" (lithographischer Stein)	285
Rother Sandstein, sehr hart	870
Backstein, hart gebrannt	150
" an der freien Luft getrocknet . . .	33
Mörtel, gewöhnlicher, aus Kalk und Sand . .	35
" aus hydraulischem Kalk	74
Eichenholz	380—460
Tannenholz	460—540
Ulmenholz	90

Ueber die Drehungs- oder Torsionsfestigkeit lassen sich wenig allgemeine Sätze aufstellen; auch sind nicht so zahlreiche Versuche angestellt worden, da diese Art der Festigkeit in der Praxis weniger häufig in Anspruch genommen wird. Man hat gefunden, daß sie dem Quer-

schnitt direkt proportional ist, und daß der Verdrehungswinkel mit der drehenden Kraft, in einfachem Verhältniß wächst. Die Zerstörung der Fasern fängt am äußern Rande an; die weiter gegen den Mittelpunkt des Querschnitts hin gelegenen werden erst später so stark in Anspruch genommen, daß sie zerreißen.

2) Adhäsionskraft.

Adhäsion heißt Anhängung; Adhäsionskraft ist daher diejenige Kraft, welche macht, daß die Körper sich an einander anhängen. Sie ist ebenfalls eine Molekularkraft, unterscheidet sich aber von der Cohäsionskraft wesentlich, indem diese die einzelnen Theile eines und desselben gleichartigen Körpers zu einem Ganzen verbindet, während jene gleichartige wie ungleichartige Körper, welche sich von außen berühren, an einander fest hält. Wir schreiben es z. B. der Cohäsionskraft zu, wenn Kreide dem Zerschneiden oder Zerbrechen einigen Widerstand entgegensetzt; aber die Adhäsionskraft ist es, welche macht, das beim Schreiben mit Kreide Theile derselben an Holz, Schiefer u. dergl. hängen bleiben; die Cohäsionskraft ist es, welche die Theile eines Quarzkorns so stark zusammenhält, daß es nur durch einen ziemlich heftigen Schlag in Stücke zerfällt; aber der Adhäsionskraft ist es zuzuschreiben, daß die Quarzkörner im Granit mit Glimmerblättchen und Feldspathstückchen zu einem ziemlich harten Gestein zusammengebacken sind.

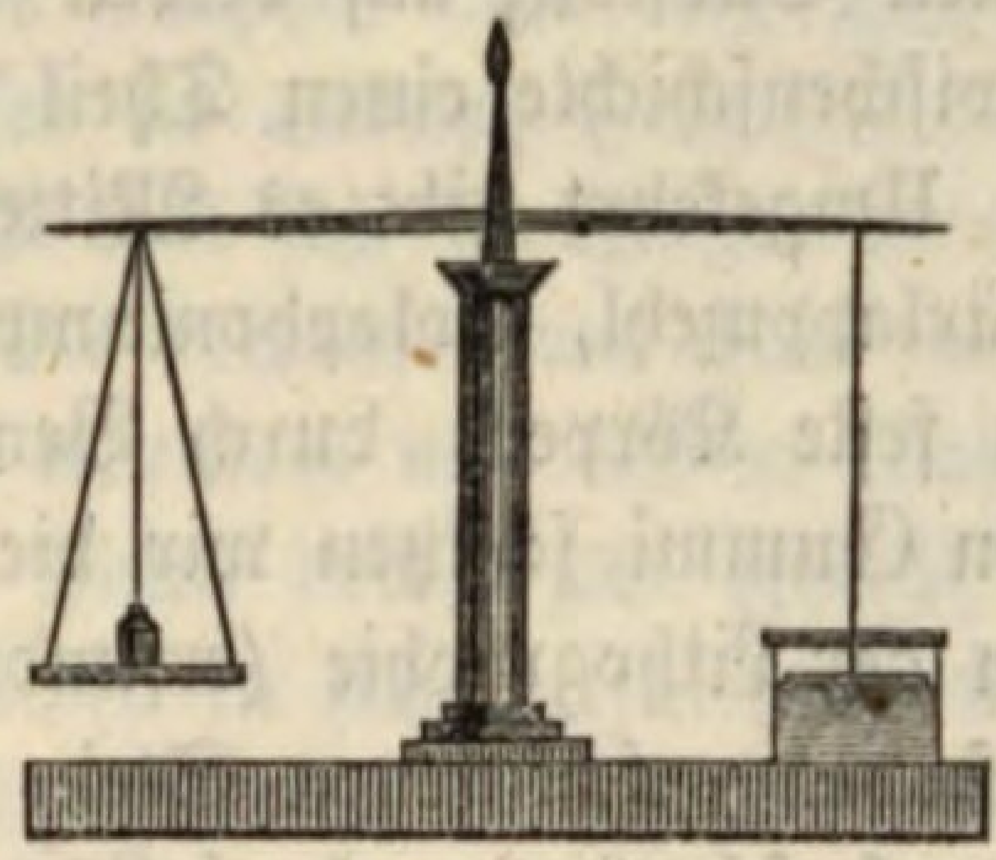
Auch diese Kraft ist Gemeingut aller Materie, und wenn einzelne Körper eine Ausnahme zu machen scheinen, so liegt die Schuld an anderweitigen ungünstigen Umständen, unter welchen man sie zusammenbringt. Während ich z. B. meine Hand unbenetzt aus einer Schale Quecksilber zurückziehen kann, bleibt staubartig zertheiltes Quecksilber, das mir auf die Hand gegossen wird, in reichlicher Menge hängen; wenn auch ein fein polirtes Stückchen Holz an einem andern polirten Körper nicht hängen bleibt, so geschieht dieß um so gewisser, wenn es in fein zerriebenem Zustand darauf gestreut wird.

Bei der Berührung zweier Körper von außen findet stets zwischen Cohäsions- und Adhäsionskraft ein Kampf statt, der mit dem Sieg der einen oder der andern endigt. Ist die Adhäsion zweier fester Körper stärker, als die Cohäsion des einen von ihnen, so lösen sich einzelne Theile von diesem ab und bleiben an dem andern hängen, d. h. der eine färbt ab: Kohle, Graphit, Kreide auf Holz, Papier u. s. w.; ist dagegen die Cohäsion jedes einzelnen größer, als ihre Adhäsion, so sind beide nach der Trennung unverändert: Glasplatten, polirte Metallplatten, zwei Blätter eines im trocknen Zustand stark gepreßten Buchs rc. — Ist die Adhäsion

zwischen einem festen und einem tropfbaren Körper größer als die Cohäsion des tropfbaren, so bleiben Theile des letztern an jenem hängen, d. h. die Flüssigkeit benetzt den festen Körper: Wasser und reines Glas, Quecksilber und Zinn 2c.; ist dieß nicht der Fall, so zerfließt die Flüssigkeit nicht auf dem festen Körper, sondern sammelt sich in kleinen Tropfen; ist endlich die Adhäsion stärker, als die Cohäsion sowohl des flüssigen als des festen Körpers, so trennen sich die Theile des festen Körpers und dringen zwischen die Moleküle des flüssigen ein, so daß jener aufhört, als selbständiger Körper zu bestehen, und sich nur noch durch die Farbe, den Geruch, den Geschmack u. s. w., die er der Flüssigkeit mittheilt, erkennen läßt; man sagt alsdann, der feste Körper habe sich in der Flüssigkeit aufgelöst: Zucker oder Kochsalz in Wasser, Milch, Kaffee; Seife in reinem Wasser, viele chemische Stoffe in Wasser, Weingeist u. s. w. — Ist die Adhäsion zwischen zwei tropfbar-flüssigen Körpern geringer, als die Cohäsion jedes einzelnen, so bilden sie, untereinander geschüttelt, Tropfen, und im ruhigen Zustand schwimmt die eine auf der andern, indem sie — wenn in geringer Menge vorhanden — breitgedrückte (in Folge der Schwere) Tropfen bildet: Wasser und Quecksilber, Essig und Oel, geschmolzenes Fett und heißes Wasser (Augen auf der Suppe) 2c.; ist die Cohäsion der einen Flüssigkeit geringer, als die Adhäsion beider, so breitet sie sich auf der andern gerade so aus, wie beim Benetzen eines festen Körpers: Terpentinöl und Wasser; ist endlich die Adhäsion der Cohäsion sowohl des einen als des andern überlegen, so lösen sich beide in einander auf, d. h. sie vermischen sich vollständig: Wasser und Weingeist, Essig und Wasser 2c. — Auch die luftförmigen Körper hängen sich sowohl an feste und an tropfbarflüssige, als unter sich selbst an einander an; übrigens lassen sich bei ihnen die Erscheinungen der Adhäsion in den meisten Fällen nicht so leicht beobachten, wie in den seither betrachteten Fällen. Um uns jedoch zu überzeugen, daß Luft z. B. an Glas sich anhängt, dürfen wir nur ein mit Wasser gefülltes Trinkglas leicht erwärmen, und alsbald werden wir eine Menge Luftbläschen, die durch die Wärme sich ausgedehnt haben, an der innern Wand des Glases erscheinen sehen; daß auch zwischen tropfbarflüssigen und luftförmigen Körpern Adhäsion stattfindet, dafür spricht der Umstand, daß sehr viele Flüssigkeiten Gase in größerer oder kleinerer Menge in sich aufnehmen, gleichsam verschlucken — absorbiren; bei der Mengung zweier Gase unter sich — Diffusion — endlich wirkt ebenfalls ihre gegenseitige Adhäsion mit.

Um die Stärke der Adhäsionskraft in einzelnen Fällen, namentlich bei festen Körpern, genauer zu bestimmen, bedient man sich einer Wage, an

welcher auf einer Seite statt der Schale die zu untersuchende polirte Platte eingehängt ist. Diese ist horizontal gestellt und durch Gewichte in's Gleichgewicht gebracht; bringt man sie nun in ihrer Gleichgewichtsstellung mit einer zweiten polirten Platte von beliebigem Material, oder mit der Oberfläche einer Flüssigkeit in Berührung, so macht man die Erfahrung, daß — je nach der



Natur der bei dem Versuch verwendeten Stoffe — ein kleineres oder größeres Uebergewicht erforderlich ist, um die sich berührenden Körper wieder zu trennen: dieses Uebergewicht ist daher in dem betreffenden Falle als das Maß der Adhäsionskraft zu betrachten.

Bei der Adhäsion eines festen und eines flüssigen Körpers ist indeß wohl darauf zu achten, ob die Flüssigkeit den festen Körper benetzt oder nicht; denn nur im letzten Fall hat man es mit der Adhäsionskraft der beiden Körper zu thun, während im Fall der Benetzung nicht die Adhäsionskraft es ist, welche von dem Uebergewicht besiegt werden muß, sondern die Cohäsionskraft der Flüssigkeit, welche die Trennung der an der polirten Platte hängenden Schicht von der übrigen Masse zu verhindern strebt. Dieß liegt schon in der Natur der Sache, wird aber noch ganz besonders durch den Umstand bestätigt, daß gleich große Platten von verschiedenem Material einen gleich großen Widerstand zeigen, wenn sie benetzt werden, während sie sich im umgekehrten Fall mit verschiedener Stärke an die Flüssigkeit anhängen.

Diesem Umstand ist es auch zuzuschreiben, daß die Adhäsion zweier polirter Platten beträchtlich vermehrt wird, wenn zwischen dieselben eine dünne Schicht eines flüssigen oder sehr weichen Körpers gebracht wird. Auch pünktlich geebnete und fein polirte Flächen haben nämlich, wenn sie auf einander gelegt werden, verhältnißmäßig immer noch wenig Berührungspunkte, da gar viele Lücken und Unebenheiten, die dem unbewaffneten Auge entgehen, dazwischen treten; dadurch nun, daß eine Schicht Flüssigkeit diese Lücken ausfüllt, und ihre Cohäsion dem Adhäsionswiderstand der Platten selbst beigesellt, vermehrt sie die Wirkung bedeutend. Z. B. zwei nicht eben sehr genau an einander passende Glas- oder Metallplatten, welche trocken eine geringe Adhäsion zeigen, können nur mit Gewalt aus einander gerissen werden, wenn sie an den sich berührenden Flächen durch Anhauchen etwas feucht gemacht, oder mit einer dünnen Schicht Talg oder Fett bestrichen worden sind; in diesem Fall erkennt man nach der Trennung der Platten an den feinen Häckchen — ähnlich denen an der Bruchfläche eines Eisenstücks —, welche die Oberfläche der

fetten Substanz auf beiden Platten zeigt, deutlich, daß die Cohäsion der Zwischenschichte einen Theil des Widerstandes bildete.

Umgekehrt gibt es Mittel, die Adhäsion zu vermindern: Oel, Staub, Bärlappmehl, Colophoniumpulver &c. verhindern die Adhäsion des Wassers an feste Körper; durch Benetzen mit Wasser oder durch einen Ueberzug von Gummi schützen wir die Körper vor dem Anhängen fetter Substanzen. In der Lithographie (erfunden 1796 von Sennefelder in München) wird auf den geschliffenen Stein mit fetter Kreide gezeichnet, an welche die Druckerschwärze, ebenfalls eine fette Substanz, sich anhängt, die beim Abdruck auf das Papier übergetragen wird; um aber eine reine Zeichnung zu erhalten, muß der Stein an den Stellen, welche weiß bleiben sollen, mit Gummilösung benetzt sein, wodurch das Anhängen der Druckerschwärze verhindert wird.

Eine Menge Operationen im praktischen Leben beruhen auf der Adhäsion der Körper. Dahin gehören: Schreiben, Zeichnen, Malen, Färben, Drucken — Leimen, Löthen, Kitten, Vergolden, Versilbern — Zusammenschweißen und Zusammenwalzen mehrerer Metallstücke, Belegen der Glastafeln mit Zinnamalgam (Verbindung von Zinn mit Quecksilber) in der Spiegelfabrikation u. s. w. — Bei der Verat'schen Seilmaschine wird die Adhäsion zur Hebung des Wassers benützt: ein über zwei Rollen geschlungenes Seil oder Band reißt, wenn die Rollen rasch gedreht werden, bei seinem Austritt aus einem Wasserbehälter, in welchem die untere Rolle unter der Wasseroberfläche angebracht ist, eine ziemlich dicke Schicht Wasser in die Höhe, die an der obern Rolle abgestreift und gesammelt wird.

Es ist schon oben bemerkt worden, daß die Adhäsion zwischen manchen flüssigen und festen Körpern so bedeutend wirkt, daß sie die Cohäsion des einen wie des andern Körpers vollständig überwindet und macht, daß der feste Körper sich in der Flüssigkeit *auflöst*. Die festen Stoffe zeigen in Beziehung auf Löslichkeit ein sehr verschiedenes Verhalten gegen verschiedene Flüssigkeiten: so lösen sich Salze vorzugsweise nur in Wasser, harzartige Körper in Weingeist, Metalle in Quecksilber u. s. w. Man kann zwar alle Körper im gepulverten Zustand mit Flüssigkeiten mengen, wie Kohle, manche Farben, viele Gewürze, Arzneistoffe u. dergl. mit Wasser oder Oel; dabei sind aber diese Stoffe in der Flüssigkeit nicht *aufgelöst*, sondern nur *suspendirt*, d. h. sie schweben oder schwimmen in derselben, und setzen sich daher auch gewöhnlich, wenn man die Flüssigkeit ruhig stehen läßt, nach einiger Zeit auf dem Boden des Gefässes ab; die *Auflösung* eines festen Körpers in einer durchsichtigen Flüssigkeit muß selbst auch durchsichtig sein, und darf keinen Satz oder *Niederschlag* geben.

Oft hängt der Grad der Löslichkeit eines Körpers von dem Temperaturgrad der Flüssigkeit ab, während dieser in andern Fällen keinen merklichen Einfluß darauf hat: Salpeter z. B. löst sich in Wasser in um so größerer Menge, je wärmer dieses ist; bei kohlensaurem Kalk findet der umgekehrte Fall statt, und Kochsalz ist in warmem und kaltem Wasser nahezu gleich löslich. — Bei einem gewissen Punkt bricht jede Flüssigkeit plötzlich ab, weitere Mengen eines festen Stoffs in sich aufzulösen, und man sagt alsdann, die Flüssigkeit sei gesättigt; jedoch ist die mit einem Stoff gesättigte Flüssigkeit immerhin noch fähig, andere Stoffe aufzulösen, wenn diese überhaupt in ihr löslich sind. Ueber den Sättigungspunkt hinaus läßt sich also eine Flüssigkeit von dem in ihr aufgelösten Stoff nichts weiter aufdringen; der Ueberschuß fällt daher entweder zu Boden, wie Kochsalz im Wasser, oder bleibt er in der Flüssigkeit suspendirt, wie bei der Kalkmilch. Nimmt ein gewisses Maß Flüssigkeit nur eine geringe Menge eines festen Körpers auf, so heißt dieser schwerlöslich, im umgekehrten Fall leichtlöslich.

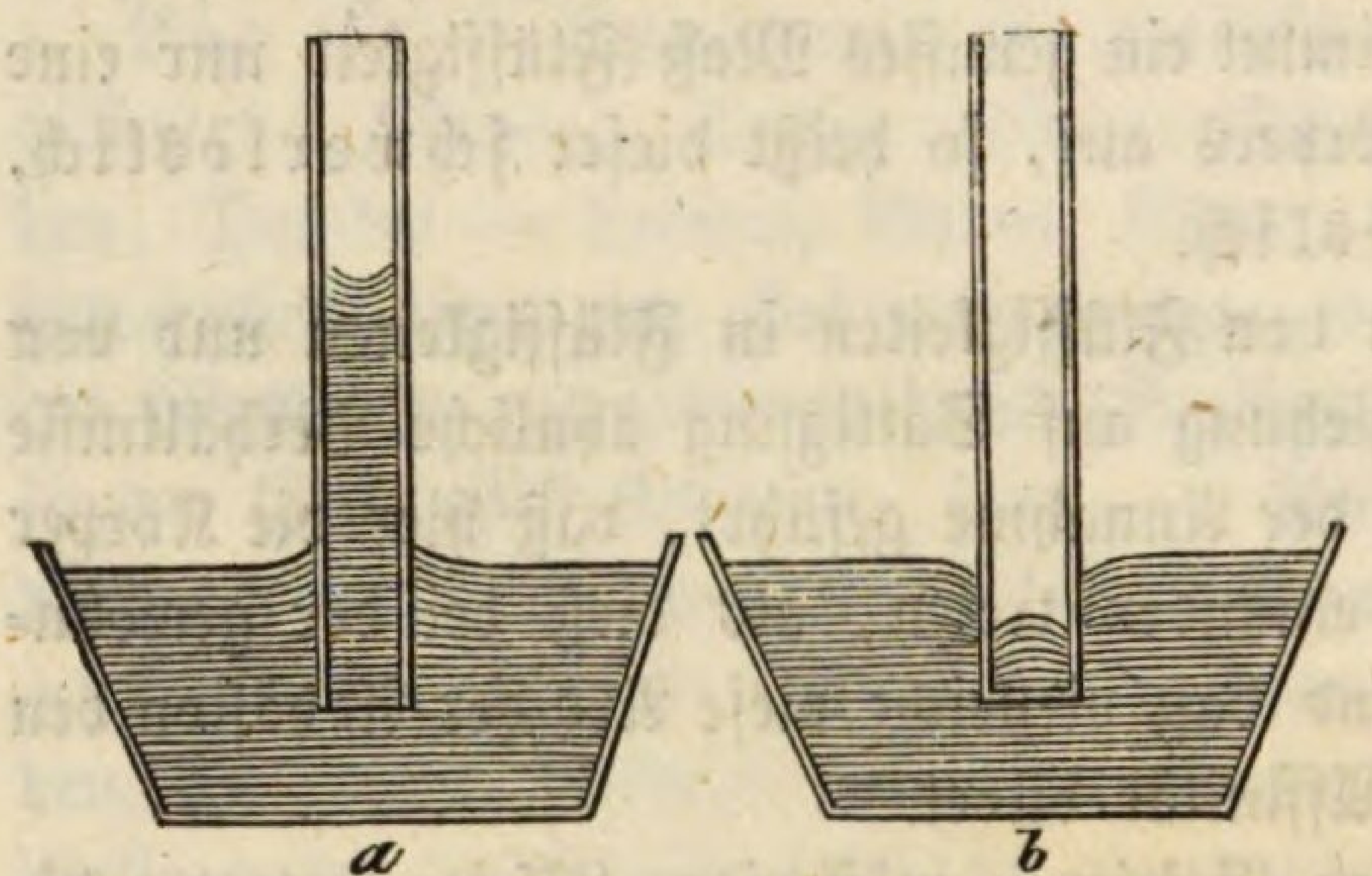
Da wir auch bei Lösungen von Flüssigkeiten in Flüssigkeiten und von Gasen in Flüssigkeiten in Beziehung auf Sättigung ähnliche Verhältnisse beobachten, so werden wir zu der Annahme geführt, daß hier die Körper in eine engere Beziehung zu einander treten, als dieß bei der gewöhnlichen Adhäsion der Fall ist, und daß vielleicht diese Art der Adhäsion den Uebergang zu der chemischen Affinität bildet.

Beim Verdampfen wie beim Gefrieren wässeriger Lösungen treten die aufgelösten festen Stoffe stets in die noch vorhandene Flüssigkeit zurück, werden also weder vom Dampf fortgerissen, noch in das sich bildende Eis eingeschlossen, wodurch man immer concentrirtere (dem Sättigungspunkt näherstehende) Lösungen erhält, bis die festen Stoffe sich auszuscheiden anfangen; beim vollständigen Abdampfen des Wassers bleiben endlich die aufgelösten Stoffe in trockener, fester Form zurück.

Eigenthümliche Erscheinungen ruft die Adhäsionskraft in Verbindung mit der Cohäsionskraft hervor, wenn Flüssigkeiten sich an die Wände enger Röhren anhängen; man nennt dieselben Capillaritätserscheinungen und bezeichnet die Adhäsionskraft für diese besondere Art der Wirkung mit dem Namen Capillarität oder Haarröhrchenanziehung.

Es ist gewiß jedem unserer Leser schon aufgefallen, daß das Wasser in einem gewöhnlichen Trinkglas keine vollkommen ebene Oberfläche hat, sondern sich ringsum am Rande des Glases in die Höhe zieht; das Gleiche findet statt, wenn man Quecksilber in einen zinnernen Becher gießt. Umgekehrt aber ist die Oberfläche des Wassers in einem innen bestaubten, oder mit Bärlappmehl bestreuten Glase, sowie die des Queck-

silbers in einem reinen und trockenen Glase in der Nähe des Randes abwärts gebogen; hier bildet sich also ringsum gleichsam ein Graben, während sich im ersten Fall ein Wall aufwirft. Tauchen wir eine sehr weite gläserne Röhre in Wasser oder Quecksilber, so haben wir dieselbe Erscheinung sowohl am innern als am äußern Rande der Röhre; benützen wir hiezu aber sehr enge (haarfeine — daher: Haarröhrchen) Röhren, so zeigt sich uns zu gleicher Zeit eine Erscheinung anderer Art: das Wasser nämlich — vorausgesetzt, daß die Röhre rein ist — steigt rasch in die Höhe, erhebt sich weit über das Niveau der umgebenden Flüssigkeit und nimmt auf seiner Oberfläche eine konkave — halbkugelförmig vertiefte — Gestalt an (Figur a), während umgekehrt das Quecksilber unter das Niveau der übrigen Flüssigkeit im Gefäß zurücktritt und eine konvexe — halbkugelförmig erhöhte — Oberfläche bildet (Figur b).

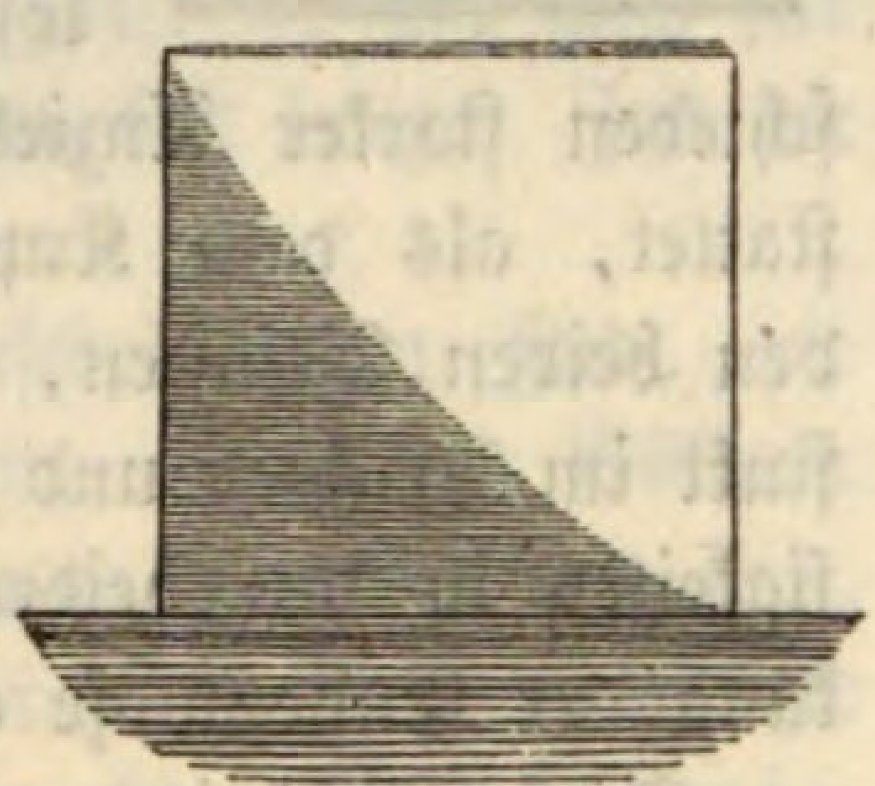


Die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit das eine Mal steigt, sowie die Tiefe, bis zu der sie das andere Mal sinkt, stehen im umgekehrten Verhältniß zu dem innern Durchmesser der Röhre; mit andern Worten: je weiter die Röhren sind (die Dicke der Röhrenwände kommt natürlich nicht in Betracht), desto weniger hoch steigt die Flüssigkeit im einen, und desto weniger tief sinkt sie im andern Fall. Wenn man also zwei Röhren hat, deren eine einen doppelt, dreimal, viermal ꝛc. so großen innern Durchmesser hat, als die andere, so steigt — bei sonst gleichen Verhältnissen — die Flüssigkeit in der ersten Röhre nur halb, ein Drittel, ein Viertel ꝛc. mal so hoch, als in der zweiten; — dasselbe gilt für den Fall, daß die Flüssigkeit in der Röhre sinkt.

Auch zwischen zwei einander sehr nahe gebrachten Glas- oder Metallplatten zeigt sich dieselbe Erscheinung; jedoch beträgt die Höhe oder die Tiefe, welche die Flüssigkeit zwischen den Platten erreicht, nur die Hälfte von derjenigen, welche wir bei gleicher Flüssigkeit in Röhren vom gleichen Material und von einem Durchmesser gleich dem Abstand der Tafeln beobachten; ist der Abstand der Tafeln nur halb so groß, als der Durchmesser der Röhre, so ist die Erhebung (Elevation) oder die Vertiefung (Depression) zwischen den Tafeln und in der Röhre gleich groß. Sind die Tafeln gehörig weit von einander entfernt, so findet — die geringe Elevation oder Depression zu beiden Seiten jeder Tafel abgerechnet — keine

Veränderung im Niveau der zwischen den Tafeln befindlichen Flüssigkeit statt; der Spiegel ist eben, wie in der übrigen Flüssigkeit. Sobald aber die Tafeln einander so nahe gerückt werden, daß das letzte ebene Element auf der Oberfläche der von ihnen eingeschlossenen Flüssigkeit verschwindet, so fahren sie plötzlich zusammen, und die oben erwähnte Erscheinung tritt ein. Sind die Tafeln so gewählt, daß bei der einen eine Elevation, bei der andern eine Depression der Flüssigkeit stattfindet, so stoßen sie sich bei jenem Punkt, wo die zwischen ihnen befindliche Flüssigkeit eine vollständig gekrümmte Oberfläche annimmt, gegenseitig zurück; zwingt man sie aber, sich noch etwas weiter zu nähern, so ziehen sie sich zuletzt ganz so an, wie im vorhergehenden Fall. Sehr hübsch sind diese Erscheinungen, wenn man statt der Platten — Kugeln von Holz oder Mark, oder auch hohle zinnerne oder gläserne Kugeln anwendet.

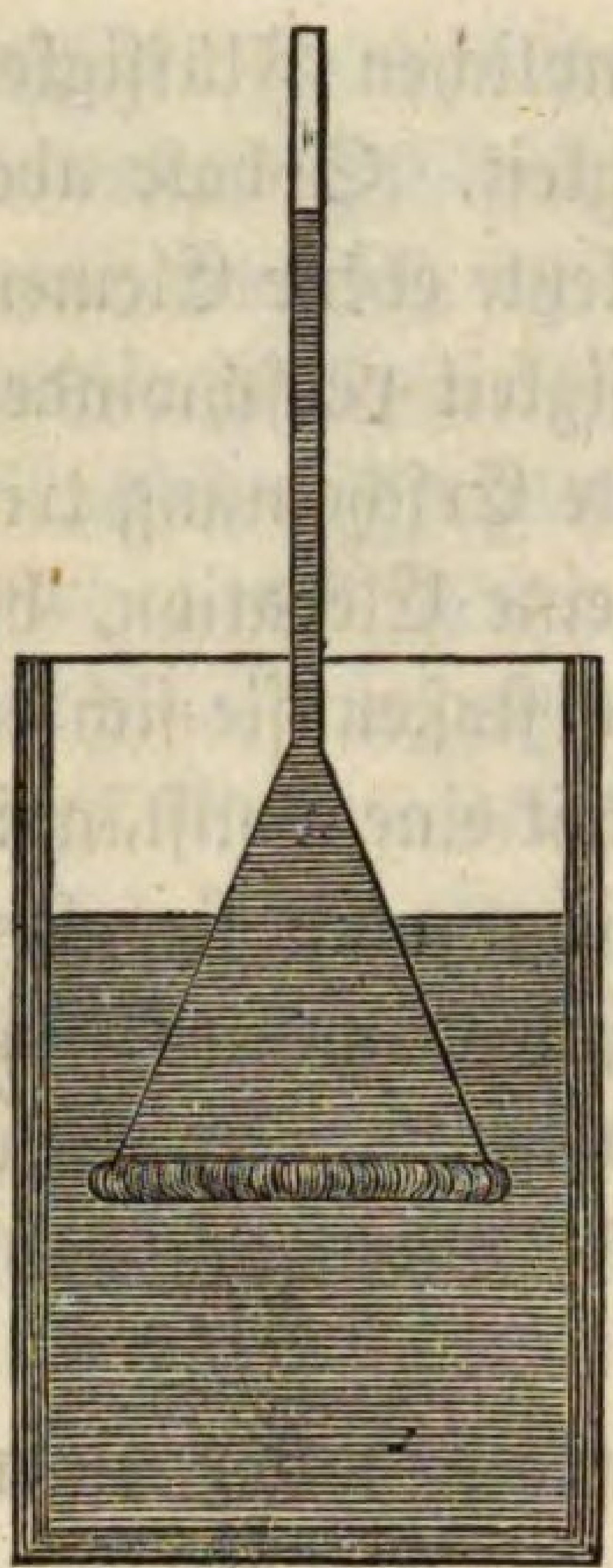
Stellt man die zwei Glastafeln nicht parallel, sondern unter einem Winkel — dabei aber immerhin vertikal auf, und bringt sie an einer der vertikalen Kanten in Berührung, so steigt das Wasser augenblicklich auf, erreicht an dem Rande, wo sie sich berühren, die größte Höhe, und wird mit der zunehmenden Entfernung der Tafeln allmälig niedriger, so daß seine obere Grenzlinie eine schöne gebogene Linie (Hyperbel) bildet.



Alle diese Erscheinungen — die der Elevation sowohl als die der Depression — beruhen auf einem Zusammenwirken der Cohäsionskraft der Flüssigkeit selbst und der Adhäsionskraft, welche diese an die Wände der Röhren oder Tafeln heranzieht (s. Statik flüssiger Körper).

Sehr viele Erscheinungen im gewöhnlichen Leben haben ihren Grund in der Haarröhrchenanziehung, namentlich alle diejenigen, wo sich Flüssigkeiten durch poröse und lockere Körper schnell hindurch ziehen: ein Stückchen Zucker an einem Ende in Kaffee getaucht, wird plötzlich durch und durch von der Flüssigkeit getränkt; Fließpapier saugt schnell Dinte auf; das Oel unserer Lampen und der geschmolzene Talg unserer Kerzen steigen im Docht empor und speisen die Flamme; ein im Waschzuber eingeweichtes Stück Weißzeug, das mit einem Ende über das Gefäß hinaushängt, leitet das Wasser über den Rand desselben hinweg und leert es in wenigen Stunden; auch bei der Säftebewegung im Pflanzenkörper ist diese Kraft thätig.

Erscheinungen, welche im engsten Zusammenhang zu denen der Adhäsion und insbesondere der Capillarität stehen, sind die der Endosmose. Füllen wir nämlich ein trichterförmiges Glas mit langer Röhre (oder ein



Arzneiglas mit abgesprengtem Boden und einer durch den Kork hindurchgehenden Glasröhre), das unten mit einer Blase verschlossen ist, bis zu einem gewissen Punkt, mit Kupfervitriol-Lösung, und tauchen es alsdann in ein Glas mit Wasser, so daß das Niveau in beiden Gefässen gleich hoch steht, so bemerken wir bald, daß die Flüssigkeit im trichterförmigen Glas sich hebt und im äußern sich senkt. Es dringt somit durch die Poren der Blase Wasser aus dem äußern Gefäß in das innere; daß aber auch Kupfervitriol-Lösung vom innern in das äußere Gefäß übergeht, davon zeugt die blaue Färbung, die das Wasser im größeren Gefäß annimmt. Die Erscheinung kann daher nur darin ihren Grund haben, daß mehr Wasser ein-, als Kupferlösung ausströmt, d. h. daß die Blase in Folge verschieden starker Anziehung dem Wasser einen leichtern Durchgang gestattet, als dem Kupfervitriol. Verwechselt man die Flüssigkeiten in den beiden Gefässen, so findet der umgekehrte Fall statt — das Wasser sinkt im Trichter und steigt im Glas. Sind durch Vermischung die Flüssigkeiten in den beiden Gefässen gleichartig geworden, so hört die Wirkung der Endosmose auf.

Diese Erscheinung tritt bei allen in Wasser löslichen Substanzen, jedoch mit verschiedener Stärke, ein; namentlich ist die Wirkung um so stärker, je concentrirter die Lösung ist. Am stärksten wirken: Kupferchlorid, schwefelsaures Eisen- und schwefelsaures Kupferoxyd, Kochsalz u. s. w. Statt der thierischen Blase können auch vegetabilische Membranen, poröse Töpferwaaren, Thon, Kautschuck ꝛc. angewendet werden. Manche Erscheinungen im gewöhnlichen Leben beruhen auf der Wirkung der Endosmose; z. B. wässeriger Weingeist, der in einer Blase an der Luft aufgehängt ist, concentrirt sich immer mehr dadurch, daß das mit dem Weingeist vermischte Wasser sich allmälig durch die Blase hindurchzieht, mit der Luft in Berührung tritt und verdampft; auch beim Eindringen der Feuchtigkeit in die Würzelchen der Pflanzen und beim Aufsteigen des Saftes in denselben, so wie bei der Säftecirculation im thierischen Körper soll nach der Ansicht Dutrochet's, der diese Erscheinungen zuerst beobachtet hat, die Endosmose eine Rolle spielen.

3) Chemische Affinität.

Mischen wir fein geriebenen Zucker und Kohlenstaub unter einander, so erhalten wir eine Masse, die sowohl die Eigenschaft des Zuckers — Süßigkeit —, als die der Kohle — schwarze Farbe — noch deutlich er-

kennen läßt. Glühen wir dagegen Eisen und Schwefel mit einander, so entsteht ein Körper, an welchem wir die Eigenschaften des Eisens, wie die des Schwefels, gänzlich vermissen, und mit dem besten Mikroskop weder den einen noch den andern Bestandtheil zu erkennen vermögen. Wir haben vielmehr einen ganz andern Körper, mit neuen, von denen des Eisens und des Schwefels wesentlich verschiedenen Eigenschaften. Jene Mischung von Zucker und Kohle nennen wir ein mechanisches Gemenge, diese dagegen eine chemische Verbindung, und die Kraft, vermöge welcher Eisen und Schwefel, und überhaupt verschiedenartige Körper so innige Verbindungen mit einander eingehen, chemische Anziehung, chemische Verwandtschaft oder Affinität.

Die Erscheinungen, welche diese Kraft hervorruft, sind so erstaunlich mannigfaltig, greifen so tief in die Umgestaltung der mineralischen Stoffe unserer Erdrinde, wie auch in das Thier- und Pflanzenleben ein, und sind von solcher Wichtigkeit sowohl für unser Alltagsleben, als auch für Künste und Gewerbe, daß ihr gründliches Studium seit langer Zeit die Gelehrten auf's Lebhafteste beschäftigt.

Die Wissenschaft, deren Gegenstand diese Erscheinungen sind, die Chemie, scheint, wenigstens in einzelnen Zweigen, unter den Völkern des Alterthums schon zu ziemlich großer Ausbildung gediehen zu sein. Nach Europa kam sie erst im 13. Jahrhundert durch die Araber, die sie in Egypten geholt hatten, beschränkte sich aber damals, als Alchymie, fast ausschließlich auf die Auffindung des sogenannten Steins der Weisen, welcher unedle Metalle in Gold verwandeln, und des Lebenselixirs, welches das Alter verjüngen und ein langes Leben geben sollte. Im 16. Jahrhundert fing Paracelsus an, sie zur Bereitung ärztlicher Heilmittel anzuwenden, und die Alchymie trat nun mehr und mehr in den Hintergrund; aber erst dem 18. Jahrhundert, insbesondere den großen Männern Priestley, Scheele und Lavoisier, war es vorbehalten, nach Entdeckung des Sauerstoffs die Chemie zur eigentlichen Wissenschaft zu erheben, und ihr eine Basis zu geben, auf der sie sich seitdem mit Riesenschritten erhoben hat, und zu einer Ausbildung und Bedeutung gelangt ist, die ihr in der ersten Reihe der Wissenschaften einen Platz sichern.

Im 8. Jahrhundert finden wir die ersten genauen Angaben über den Stand der chemischen Kenntnisse bei den Arabern, unter denen sich besonders Geber, Rhazes, Averroes u. A. als Alchymisten berühmt gemacht haben. Der englische Mönch Roger Bacon (geb. 1214) war sodann der erste, der in Europa über diesen Gegenstand schrieb; ihm folgten als ausgezeichnete Alchymisten: Albert von Bollstadt, ein Schwabe (geb. 1205), mit dem Beinamen „Albert der Große", der Franzose Arnauld de Villeneuve, der Spanier Raymond Lulle und, vor Allen berühmt, Theophrastus Paracelsus (geb. 1493 zu Einsiedeln im Kanton

Schwyz), mit dem Beinamen „Bombast von Hohenheim", der in Basel die Chemie zuerst öffentlich lehrte, aber trotz seines Lebenselixirs schon im 48. Jahr in Folge seiner Ausschweifungen starb. Eine neue edlere Bahn betraten nach dem Letztern van Hellmont, Cassius, Glauber, Agrikola, Palissy, Jean Rey u. s. w. Als die ersten Professoren der Chemie in Frankreich erscheinen: Nikolas Lefèvre, Glazer, Nikolas Lemery, und unter den deutschen Namen zeichnen sich um jene Zeit (Ende des 17. und Anfang des 18. Jahrhunderts) Homberg, Becher und Stahl aus. Becher unterscheidet zuerst einfache und zusammengesetzte Körper. Stahl (geb. 1660 in Ansbach) gründet hierauf seine über ein Jahrhundert in Geltung stehende Theorie, indem er die Elemente der Scholastiker, Feuer, Luft, Wasser, Erde und Aether, (unter den griechischen Philosophen nahmen Thales und Heraklit nur 1 Element — jener Wasser, dieser Feuer —, Anaximander dagegen 4 Elemente an, denen Zeno, Plato und Aristoteles ein fünftes, den Aether, beigesellten) verwirft, die Metalloxyde (s. Sauerstoff), von den ältern Chemikern Metallkalke genannt, als einfache, und die Metalle, die aus jenen durch Aufnahme eines gewissen hypothetischen Körpers, des Phlogistons, entstehen sollten, als zusammengesetzte Körper aufstellt. Scheele (geb. 1742 zu Stralsund) und Priestley (geb. 1733 in der englischen Grafschaft Yorkshire), beide Anhänger der Stahl'schen oder phlogistischen Theorie, versetzten aber dieser mit jeder neuen Entdeckung, die sie machten (Scheele entdeckte das Chlor und viele andere neue Körper, Priestley 9 neue Gase), einen neuen Schlag, und legten durch die Entdeckung des Sauerstoffs (1774 u. 1775) den Grund zu der Vernichtung derselben. Lavoisier nämlich (geb. 1743 zu Paris, guillotinirt 1794), der mit der Wage in der Hand das Absurde der Stahl'schen Theorie nachwies, indem er zeigte, daß die einfachen Körper Stahls, die Metallkalke, durch ihre Verbindung mit Phlogiston, d. h. bei ihrem Uebergang in Metalle, an Gewicht abnehmen, bekämpfte und besiegte im Jahr 1783 diese Theorie und wurde der Gründer einer neuen, heute noch herrschenden, deren Richtigkeit über jeden Zweifel erhaben ist. Seit diesem neuen Aufschwung der Chemie haben sich um diese Wissenschaft besonders verdient gemacht: die Deutschen Wenzel, Richter, Gustav und Heinrich Rose, Mitscherlich, Wöhler, Liebig; die Franzosen Guyton-Morveau, Geoffroy, Berthollet, Fourcroy, Thenard, Chevreuil, Gay Lussac, Dumas; die Engländer Boyle, Cavendish, Dalton, Davy, Faraday und der Schwede Berzelius.

Die Bildung einer chemischen Verbindung ist von gewissen Bedingungen und Umständen abhängig, die bald einzeln, bald im Verein eintreten müssen, wenn die Affinität wirken soll. Vor Allem ist nöthig, daß die zu verbindenden Körper in innige Berührung kommen, d. h. daß entweder beide, oder wenigstens einer derselben sich im flüssigen Zustande befinde; sind beide Körper trocken, so tritt, mit äußerst seltener Ausnahme, nur dann eine Verbindung ein, wenn diese selbst flüssig ist, wie dieß bei Eisen und Schwefel der Fall ist, und somit den noch unverbundenen

Theilen immer wieder unmittelbare Berührung gestattet. Weitere derartige Erfordernisse sind: eine gewisse Temperatur, die Gegenwart einer Flüssigkeit, das Vorhandensein einer größern Masse der einzelnen Stoffe, unmittelbare Einwirkung des Sonnenlichts u. s. w. Bei einzelnen Gasen kommt der Fall vor, daß sie sich nur in dem Augenblick, wo sie entwickelt werden — Entstehungsmoment, status nascens —, mit einander verbinden, so lange nämlich ihre Atome durch die Repulsivkraft noch nicht zu weit von einander entfernt worden sind. Endlich bildet sich eine große Anzahl von Verbindungen nur im lebenden Körper, d. h. unter der Einwirkung der Lebenskraft; diese Verbindungen kommen daher mit wenigen Ausnahmen nur im Thier- und Pflanzenkörper — also in der organischen Welt vor, und heißen deßhalb organische Verbindungen, im Gegensatz zu den unorganischen, welche vorzugsweise im Mineralreich gefunden und in den chemischen Laboratorien dargestellt werden.

Jede chemische Verbindung ist von Wärmeentwicklung begleitet; auch tritt fast ohne Ausnahme eine Veränderung in der Dichtigkeit, so wie in den physikalischen Eigenschaften der Körper überhaupt ein. Die auffallendste und wichtigste Erscheinung jedoch, die sich bei der chemischen Verbindung der Körper zeigt, ist die, daß sie sich stets in ganz constanten Verhältnissen — also nicht in beliebigen Gewichtsmengen vom einen und vom andern Körper — mit einander verbinden. Die in dieser Beziehung festgestellten Gesetze lassen sich in folgende zusammenfassen:

1) Gehen zwei Stoffe nur **eine** chemische Verbindung mit einander ein, so steht die Gewichtsmenge des einen stets im gleichen Verhältniß zu der Gewichtsmenge des andern.

2) Bilden zwei Stoffe mehrere chemische Verbindungen, so stehen die Gewichtsmengen der Stoffe in den verschiedenen Verbindungen in einfachen Verhältnissen zu einander, die stets durch **ganze** Zahlen, und zwar in der Regel durch die untersten der natürlichen Zahlenreihe ausgedrückt werden können. — Bedeuten nämlich A^1, A^2, A^3 ꝛc. eine, zwei, drei ꝛc. Gewichtsmengen des Stoffs A, und B^1, B^2, B^3 ꝛc. eine, zwei, drei ꝛc. Gewichtsmengen des Stoffs B, so sind die verschiedenen Verbindungen, welche diese beiden Körper mit einander bilden, stets durch eine der folgenden Formeln ausgedrückt: A^1B^1, A^1B^2, A^1B^3 ꝛc., oder: A^2B^1, A^2B^3, A^2B^4 ꝛc., oder: A^3B^1, A^3B^2, A^3B^4, A^3B^5 ꝛc. ꝛc.

3) Wenn von mehreren Stoffen je zwei unter sich chemische Verbindungen bilden können, so geschieht dieß stets in solchen Verhältnissen, daß diejenigen Gewichtsmengen, in welchen sich irgend zwei derselben mit einander verbinden, stets auch dieselben, oder ganze Vielfache von denjenigen

Gewichtsmengen sind, in welchen sie in den verschiedenen Verbindungen sich gegenseitig zu ersetzen im Stande sind. Bilden z. B. A, B und C die Verbindungen AB, AC und BC unter einander und treten beispielsweise zu 100 Gewichtstheilen des Stoffs A in der ersten Verbindung 80 Gewichtstheile des Stoffs B, und in der zweiten Verbindung 130 Gewichtstheile des Stoffs C, so sind auch in der dritten Verbindung, BC, genau 80 G.Th. von B mit 130 G.Th. von C, oder aber ganze Vielfache von diesen (2mal 80 mit 3mal 150 u. s. w.) enthalten. Was in diesem dritten Gesetz von einfachen Stoffen gesagt ist, hat auch für zusammengesetzte Stoffe seine Gültigkeit.

Eine nähere Betrachtung vorstehender Gesetze, die wir in der Wirklichkeit auf's Strengste eingehalten sehen, führt uns nothwendig auf den Gedanken, daß bei einer chemischen Verbindung nichts Anderes vor sich gehe, als daß die kleinsten Theile — Atome — des einen Stoffes sich mit denen des andern verbinden und, so zu sagen, zusammengesetzte Atome bilden. Nehmen wir dann noch an, daß in solchen zusammengesetzten Atomen 1, 2, 3, . . . einfache Atome des einen mit 1, 2, 3, . . . einfachen Atomen des andern Stoffes verbunden sein können, und daß alle Atome eines und desselben Stoffes gleich schwer sind, so erscheinen vorstehende Gesetze als eine nothwendige Folge dieser Hypothese, die, von Dalton zuerst aufgestellt, heutzutage zur herrschenden geworden ist.

Man hat die Gewichtsverhältnisse sämmtlicher Stoffe in ihren Verbindungen genau bestimmt, indem man den Sauerstoff, der die zahlreichsten und interessantesten Verbindungen eingeht, zur Grundlage nahm, seine Verhältnißzahl = 100 setzte, und darnach die der übrigen Stoffe in ihren niedrigsten Verbindungen bestimmte. Auf diese Weise fand man z. B., daß sich mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff 201,17 G.Th. Schwefel, 221,6 G.Th. Chlor, 1294,5 G.Th. Blei, 75,12 G.Th. Kohle u. s. w. verbinden können. Diese Zahlen nennen wir Mischungsgewichte oder auch, mit Rücksicht auf das, was vorhin bemerkt wurde, Atomgewichte der Stoffe. Sie sind für den praktischen Chemiker von der größten Wichtigkeit.

Neben der Verbindung oder Zusammensetzung der Stoffe hat die Chemie noch die umgekehrte Aufgabe, chemische Verbindungen wieder zu zerlegen. Auch bei der Zersetzung machen sich dieselben Gesetze geltend, wie bei der Verbindung, und ähnliche Bedingungen sind erforderlich, damit die Trennung der Stoffe vor sich gehe. Die hauptsächlichsten Zersetzungsmittel sind: Wärme und Licht, Elektrizität, Hinzutreten eines neuen Stoffs mit stärkerer, chemischer Verwandtschaft zu dem einen oder andern der verbundenen Stoffe 2c.

Diejenigen Stoffe, welche bis jetzt nicht zerlegt werden konnten, nen-

nen wir einfache Stoffe, Grundstoffe oder Elemente; ihre Zahl beträgt 62. Unter denselben zeichnet sich der größere Theil durch die besondere Fähigkeit, Wärme und Elektrizität zu leiten, durch Glanz und Undurchsichtigkeit aus: man nennt sie Metalle; die übrigen, denen diese Eigenschaften mehr oder weniger abgehen, heißen Metalloide.

In den organischen Verbindungen, d. h. in der Thier- und Pflanzenwelt, treten nur sehr wenige dieser Grundstoffe auf: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff — letzterer vorherrschend im Thierkörper — sind fast die einzigen, aus denen die ganze organische Natur besteht; in seltenen Fällen treten in geringen Mengen hinzu: Schwefel, Phosphor, Chlor, Jod u. s. w. Dabei tritt die eigenthümliche Erscheinung auf, daß häufig zwei oder drei dieser Grundstoffe, wobei der Kohlenstoff nie fehlt, in ihrer chemischen Verbindung die Rolle von Elementen übernehmen, weßhalb man ihnen den Namen „zusammengesetzte Radikale“ im Gegensatz zu den „einfachen Radikalen“ oder „Elementen“ der unorganischen Chemie gegeben hat. Ueberhaupt sind die organischen Verbindungen weit verwickelterer Natur, als die unorganischen, und namentlich sind die Zahlen der Mischungsgewichte der in einer organischen Verbindung enthaltenen Elemente in der Regel größer, als dieß in den unorganischen der Fall ist.

Die wichtigsten Stoffe und Erscheinungen aus dem Gebiet der chemischen Anziehung.

Die wichtigsten chemischen Stoffe, die wir hier nach einander einer nähern Betrachtung unterwerfen wollen, sind:

A. **Unorganische:**

1) **Metalloide:** Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Bor, Kiesel, Chlor, Jod, Fluor und das sich hier anschließende Cyan.

2) **Metalle:**

a) Leichte Metalle: Kalium, Natrium, Ammonium, Calcium, Aluminium.

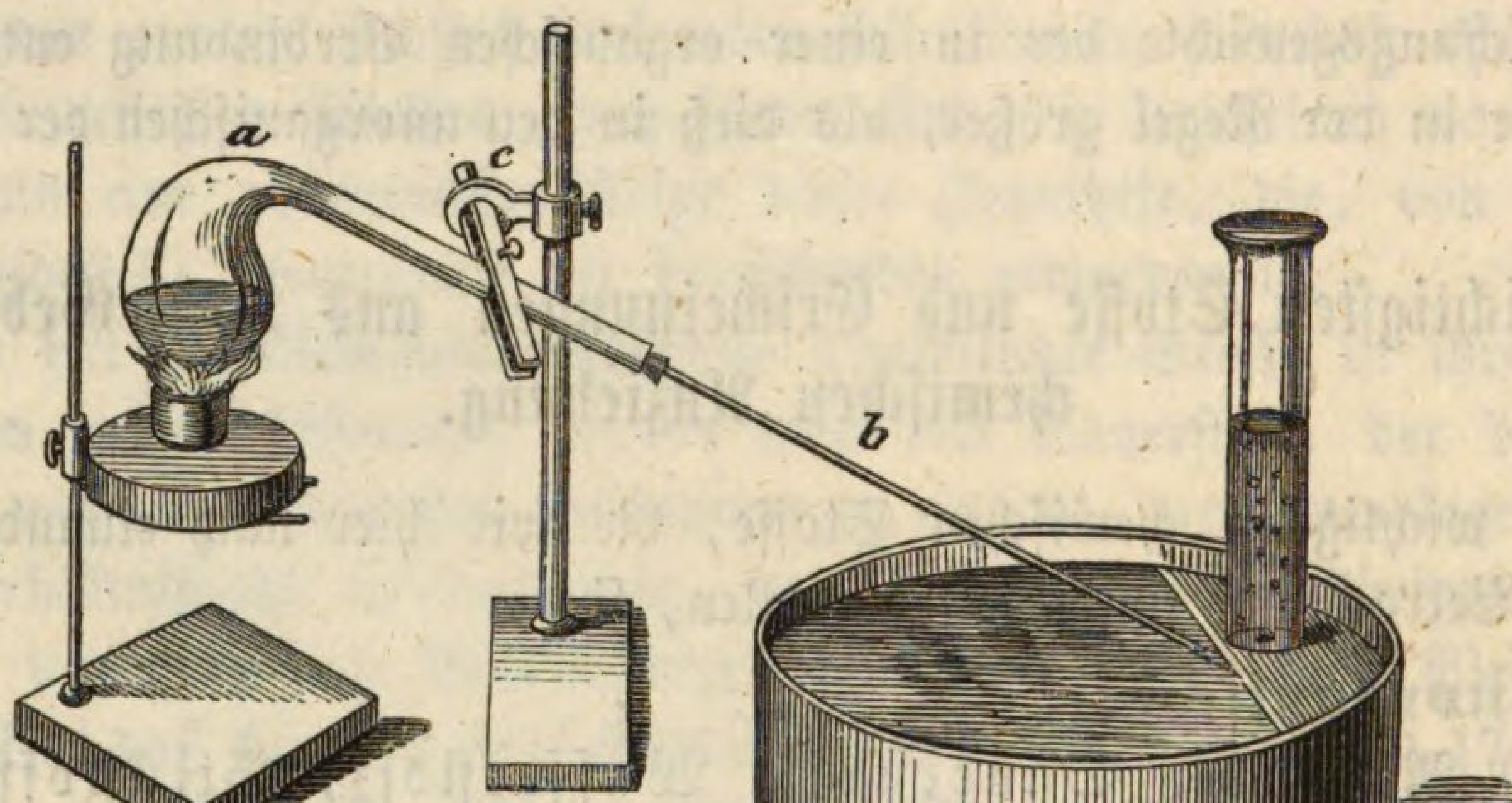
b) Schwere Metalle: Zink, Zinn, Blei, Eisen, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold, Platin.

B. **Organische:** Zellensubstanz, Holzfaser, Stärke, Dextrin, Zucker, Alkohol, Essig, Fette und Oele.

Unorganische Stoffe.

Metalloide.

Sauerstoff. Der Sauerstoff ist ein farb-, geschmack- und geruchloses, permanentes Gas. Er wurde im Jahr 1774 von dem Engländer Priestley (ein Jahr später von dem Schweden Scheele) entdeckt, als er eine Verbindung desselben mit Quecksilber erhitzte, die Verbindung dadurch zersetzte, das entweichende Gas auffing und als Rest metallisches Quecksilber behielt. Man erhält den Sauerstoff auf gleiche Weise auch durch Erhitzen von chlorsaurem Kali, oder von Braunstein mit Schwefelsäure. Zu diesem Zweck bringt man die zu verwendende Masse in eine Retorte (a), verbindet sie mit einem Gasleitungsrohr (b), das man in ein umgekehrtes, mit Wasser gefülltes und an seiner Mündung ringsum von Wasser umschlossenes Glas einmünden läßt.



Alsdann erhitzt man die Retorte allmälig, bis die Zersetzung vor sich geht, und das entweichende Gas in dem vorgehaltenen Glas aufsteigt und das Wasser daraus vertreibt. (Beim Anfang der Erhitzung strömt nur die in der Retorte enthaltene Luft aus dem Gasleitungsrohr, weßhalb es gut ist, die Mündung desselben erst später unter das Glas zu bringen.) Der Sauerstoff verbindet sich, mit Ausnahme des Fluor's, mit allen einfachen Körpern, bisweilen mit solcher Heftigkeit, daß nicht bloß ein sehr hoher Wärmegrad, sondern selbst Licht erzeugt wird: Phosphor verbrennt im reinen Sauerstoff mit außerordentlich intensivem Lichtglanz; ein glimmender Spahn bricht darin augenblicklich in Flammen aus, und verbrennt sehr rasch; Eisendraht verbrennt unter Funkensprühen u. s. w.

Die Verbindungen des Sauerstoffs mit andern Körpern werden im Allgemeinen Oxyde (von Oxygenium = Sauerstoff), bei geringerem Sauerstoffgehalt Oxydule, genannt. Unter denselben zeichnen sich viele, vorzugsweise seine Verbindungen mit den Metalloiden, dadurch aus, daß sie einen sauren, herben Geschmack haben, und gewisse blaue Pflanzensäfte — Lackmus, Veilchensaft, den Färbestoff des blauen Kohls — roth färben: diese nennt man saure Oxyde oder Säuren; andere, wie namentlich seine Verbindungen mit den leichten Metallen, haben einen laugenartigen, brennenden Geschmack, färben die gelbe Kurkumatinktur rothbraun, den Veilchensaft dagegen grün und stellen die durch Säuren veränderte Farbe der obengenannten Pflanzensäfte wieder her: man nennt sie basische Oxyde oder Basen. Außer diesen beiden Hauptklassen gibt es noch eine dritte Klasse, die weder die Eigenschaften der Säuren, noch die der Basen haben, und sich überhaupt indifferent (d. h. gleichgültig, unempfindlich) zeigen. Säuren und Basen haben das Bestreben, sich mit einander zu verbinden; eine solche Verbindung heißt ein Salz. In den Salzen haben sich die Eigenschaften der Säuren und der Basen gegenseitig aufgehoben; doch gibt es auch Salze, bei denen die Säure — saure Salze —, und andere, bei denen die Basis — basische Salze — noch etwas vorherrscht. Viele Salze zeichnen sich durch leichte Löslichkeit in Wasser, und durch einen mehr oder weniger salzigen Geschmack aus.

Der Sauerstoff ist einer der verbreitetsten und wichtigsten Stoffe: nicht allein bildet er einen Hauptbestandtheil des Wassers und der atmosphärischen Luft, sondern er findet sich auch in großer Menge im Thier- und Pflanzenreich und ist in den meisten Mineralien unserer Erdrinde enthalten. Rein und unvermischt jedoch finden wir ihn nirgends. Er unterhält das Leben der Pflanzen und Thiere — daher auch Lebensluft genannt —; ohne ihn besteht nichts Lebendiges;*) Verbrennen, Verwesen, Faulen u. s. w. eines Stoffs sind nichts Anderes, als das raschere oder langsamere Verbinden desselben mit dem Sauerstoff — Oxydation. Desoxydation heißt der umgekehrte Prozeß, durch welchen einem oxydirten Körper der Sauerstoff wieder entzogen wird.

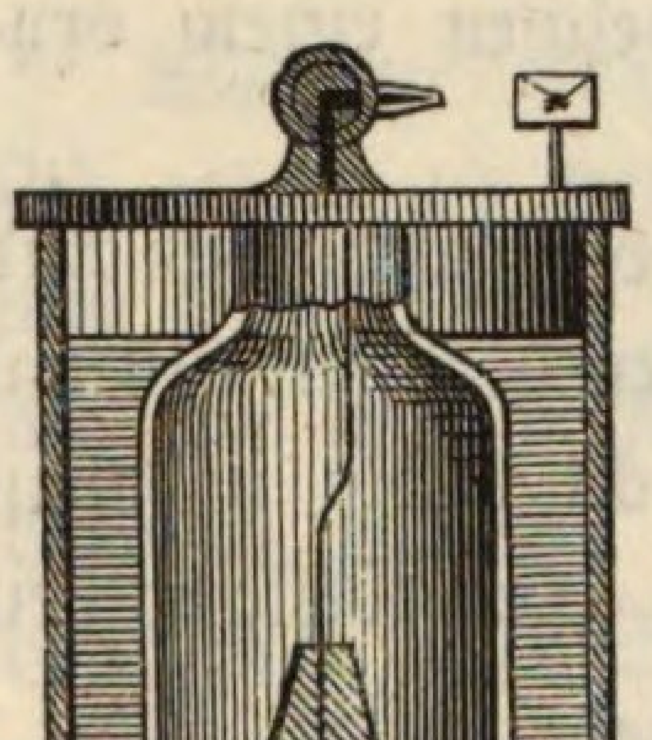
Wasserstoff. Der Wasserstoff ist ebenfalls ein farb-, geschmack- und geruchloses, permanentes Gas; er ist der leichteste von allen Stoffen (14mal leichter, als die atmosphärische Luft), und findet sich nicht allein in allen organischen Körpern, sondern bildet auch den zweiten Hauptbestandtheil

*) Ein erwachsener Mensch nimmt, indem er täglich 26000mal athmet, jährlich 800 Pfund Sauerstoff aus der Luft auf. Der in der atmosphärischen Luft vorhandene Sauerstoff würde hinreichen, um die jetzt lebenden Thiere und Menschen 800000 Jahre lang zu ernähren.

des Wassers, welches eine Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff ist. Man erhält ihn sehr bequem, obgleich nicht ganz rein, wenn man Eisen- oder Zinkstückchen in verdünnter Schwefelsäure auflöst. Der Sauerstoff des Wassers tritt in diesem Fall an das Metall, und bildet mit ihm ein Oxyd, welches mit der Schwefelsäure ein Salz bildet, während der Wasserstoff frei wird und entweicht. Der Wasserstoff brennt an der Luft mit blaßblauer Flamme und bildet wieder Wasser. Mengt man Sauerstoff und Wasserstoff in dem Verhältniß unter einander, wie sie im Wasser enthalten sind (dem Volumen nach 1 Maß Sauerstoff und 2 Maß Wasserstoff, oder ungefähr 89% Sauerstoff und 11% Wasserstoff dem Gewicht nach), und zündet das Gemenge an, so geht die Verbindung plötzlich an allen Punkten unter einem heftigen Knall vor sich, weßhalb ein solches Gemenge auch Knallgas genannt wird. Es entsteht dabei ein Hitzgrad, der zu den höchsten bis jetzt hervorgebrachten gehört und hinreicht, um Platina zu schmelzen.

Die außerordentliche Leichtigkeit des Wasserstoffs macht ihn zur Füllung der Luftballons vorzüglich geeignet. Schon kleine Seifenblasen (man befestigt zu diesem Zweck einen Strohhalm an die Gasentwicklungsröhre) steigen rasch in die Höhe. Charles in Paris füllte im Jahr 1783 zum ersten Mal einen Luftballon damit, der gegenüber den mit erhitzter Luft gefüllten Montgolfieren (nach ihrem Erfinder Montgolfier so genannt) bedeutende Vortheile gewährte. Wegen größerer Wohlfeilheit jedoch wird neuerer Zeit Leuchtgas (s. Kohlenstoff), das zwar bedeutend schwerer ist und daher größere Ballons erfordert, angewandt.

Eine andere sehr interessante Anwendung des Wasserstoffgases ist die zu Wasserstoff-Feuerzeugen. Die beiden Haupttheile dieser Apparate sind: 1) ein Glas, in welchem in oben beschriebener Weise aus Zink und verdünnter Schwefelsäure Wasserstoffgas entwickelt wird und 2) ein Stück Platinschwamm, eine poröse Masse fein zertheilten Platinametalls, welche die Eigenschaft hat, Gase in großer Menge zu absorbiren und zu verdichten. Strömt nun das entwickelte Wasserstoffgas aus dem oben an dem Glas angebrachten Hahnen an den Platinschwamm, so verbindet es sich mit dem hier in verdichtetem Zustand sich befindenden Sauerstoff, erhitzt das Platin bis zum Glühen, und entzündet sich zuletzt selbst am glühenden Metall. (Nebenstehende Figur stellt den Durchschnitt einer solchen Zündmaschine dar.)



Bringt man in die Flamme des Knallgases — der Sauerstoffstrahl wird zu diesem Zweck mittelst eines doppelten Hahns durch eine Wasserstoffflamme geleitet — ein Stückchen Kreide oder Kalk,

so entsteht ein dem Sonnenlicht ähnliches, außerordentlich weißes, blendendes Licht — Drummond'sches Licht —, das mit Vortheil auf Leuchtthürmen und bei optischen Instrumenten angewendet wird.

Das Wasser.

Das Wasser findet sich in der Natur in allen drei Aggregatzuständen: als Gas in der atmosphärischen Luft, als flüssiger Körper in Meeren, Seen, Flüssen, Bächen und Brunnen, und im festen Zustand als Eis, Hagel, Reif und Schnee.

Der größte Theil unserer Erdoberfläche besteht aus Wasser. Um uns hievon zu überzeugen, brauchen wir nur die ungeheure Menge Wasser zu betrachten, die in den Meeren enthalten ist. Eine sorgfältige Berechnung hat gezeigt, daß sich in der nördlichen Halbkugel das Wasser zum Land verhält wie 1000 zu 419, und in der südlichen wie 1000 zu 129; dabei ist die mittlere Tiefe des Meeres ungefähr 3000 Fuß und seine größte Tiefe ungefähr eine deutsche Meile. Wie viel Wasser mag überdieß in den unzähligen Höhlen und Spalten im Innern der Erde enthalten sein, aus denen es bald in Quellen zur Oberfläche dringt, bald in das Innerste der Erde hinunter steigt, um in jenem geheimnißvollen Laboratorium der Natur an den großen chemischen Prozessen Theil zu nehmen, von denen wir durch unsere Vulkane spärliche Kunde erhalten. Beträchtlicher, als es dem Unkundigen erscheinen mag, ist sodann die Wassermenge, welche auf dem Festland — der in Seen, Flüssen, Bächen u. s. w. enthaltenen nicht zu gedenken — in der Pflanzen- und Thierwelt verbreitet ist. Endlich ist auch noch das fortwährend in der Luft — in Gas- und Nebelform — enthaltene Wasser der Erwähnung werth.

Das reine Wasser ist durchsichtig, farb-, geschmack- und geruchlos. Dieses kann jedoch nur künstlich erhalten werden, da alles in der Natur vorkommende Wasser Beimischungen von organischen und unorganischen Substanzen enthält. Das unreinste Wasser ist das Meer- und das Mineralwasser, welches eine Menge fremder chemischer Stoffe enthält, wie z. B. Kochsalz, schwefelsaures Natron, Chlormagnesium, Chlorcalcium, kohlensauren Kalk, schwefelsauren Kalk, Eisenverbindungen u. s. w. Das Quellwasser enthält außer andern Stoffen vorzüglich schwefelsauren und kohlensauren Kalk und freie Kohlensäure, durch welch' letztere es einen angenehmen, frischen Geschmack erhält. Durch zu großen Gehalt an diesen Stoffen jedoch wird es zu manchen Zwecken, wie z. B. zum Waschen, zum Kochen mancher Speisen, als: Erbsen, Linsen u. dergl., unbrauchbar, — hartes Wasser. Beim Waschen besteht nämlich die Wirkung der Seife oder des fettsauren Kalis oder Natrons (s. unten) darin, daß sie sich in

einer gewissen Menge Wasser zersetzt, ein unlösliches, saures und ein lösliches basisches, fettsaures Salz bildet, welch' letzteres wie freies Kali oder Natron wirkt und das Geschäft des Reinigens übernimmt, indem es die fetten Substanzen, welche der Wäsche ankleben, auflöst (die nicht fetten Bestandtheile des Schmutzes der Wäsche werden auf mechanischem Wege durch Abspülen, Reiben, Bürsten rc. entfernt). Ist nun aber im Wasser viel schwefelsaurer Kalk enthalten, so geht eine andere Zersetzung der Seife vor sich, indem sich durch sogenannte Wahlverwandtschaft schwefelsaures Kali und fettsaurer Kalk bildet.

Seife = Fettsäure + Kali (Natron).

×

Gyps = Schwefelsäure + Kalk.

Das Kali ist nun an die Schwefelsäure gebunden, und kann also nicht mehr als Auflösungsmittel für das Fett der Wäsche dienen. Beim Kochen von Erbsen, Linsen u. s. w. in kalkhaltigem Wasser gehen einzelne Bestandtheile dieser Früchte, wie Eiweiß, Legumin rc., mit dem Kalk Verbindungen ein, welche das Erweichen derselben verhindern.

Um den schwefelsauren Kalk aus dem Wasser zu entfernen, setzt man demselben Soda zu, wodurch er in kohlensauren Kalk verwandelt wird und sich niederschlägt. Der in freier Kohlensäure gelöste kohlensaure Kalk wird beim Erwärmen oder Verdunsten des Wassers, wobei die freie Kohlensäure entweicht, ebenfalls gefällt.

In größern Massen abgelagert sehen wir den ausgeschiedenen schwefelsauren und kohlensauren Kalk in den weißen Flecken und Ringen unserer Trinkgläser und Flaschen, in welchen kalkhaltiges Wasser längere Zeit stehen geblieben und verdunstet ist, in der weißen Kruste unserer Kochtöpfe, im Pfannenstein unserer Dampfkessel und endlich in den Tropfsteinen der Kalksteinhöhlen.

Reiner als das Quell- und Brunnenwasser ist das Wasser der Bäche und Flüsse, die ihre Entstehung größtentheils dem Regen- und Schneewasser zu verdanken haben. Letzteres ist das reinste Wasser von allen in der Natur vorkommenden, und dennoch enthält auch dieses geringe Spuren fremder Beimischungen, die es bei seinem Fall durch die Luft erhalten hat.

Die Zusätze von organischen Substanzen sind es hauptsächlich, welche machen, daß das Wasser in Fäulniß übergeht. Um es von diesen Stoffen zu reinigen, filtrirt man es durch frisch ausgeglühte Holzkohlen oder man mischt es mit Kohlenpulver und filtrirt es alsdann durch einen reinen Lappen von leinenem oder wollenem Tuch. Vollkommen reines Wasser erhält man nur durch vorsichtige Destillation des Regen- oder Flußwassers; dieses bleibt, sorgfältig aufbewahrt, ganz unverändert und geht nie in Fäulniß

über. Chemisch reines Wasser hat im Zustand seiner größten Dichtigkeit ein Gewicht von 70,024 Par. Pfund oder 34,3 Kilogr. per Kubikfuß. *)

Das reine Wasser hat die Eigenschaft, daß seine größte Dichtigkeit nicht mit seinem Gefrierpunkt zusammenfällt, mit dem Punkt also, wo es daran ist, in den festen Zustand überzugehen; vielmehr findet dieselbe bei ungefähr 4° C. (genau 3,9°) Wärme statt, während es sich bei niedrigerer Temperatur wieder ausdehnt und namentlich bei seinem Uebergang in den festen Aggregatzustand plötzlich ein größeres Volumen einnimmt. Diesem Umstand ist es zuzuschreiben, wenn im Winter mit Wasser gefüllte Gläser und Flaschen beim Gefrieren zerspringen, wenn Steine und Felsen, ja selbst Baumstämme u. dergl. bersten. Demselben Umstand aber verdanken wir es auch, daß selbst in den kältesten Wintern unsere Flüsse und Seen nicht ganz zu Eisklumpen erstarren; denn wäre das Wasser im Gefrierpunkt am dichtesten und schwersten, so müßten jene vom Grund aus nach oben gefrieren, und bald würde das Eis — da das an der Oberfläche befindliche, durch seine Berührung mit der äußern Luft erkaltende Wasser immer wieder zu Boden sinken und gefrieren müßte — bis an die Oberfläche reichen und alle im Wasser lebenden Geschöpfe in sich begraben; da nun aber die Dichtigkeit — oder das Gewicht — von 0° bis 4° zunimmt, so haben wir im Winter das wärmste Wasser auf dem Grund, in Berührung mit dem wärmeren Erdboden, und vor dem Contakt mit der kalten Luft durch eine Eisdecke geschützt, die auf diese Weise nur ganz langsam an Dicke zunimmt, und bei einiger Tiefe des Wassers den Boden nie erreicht.

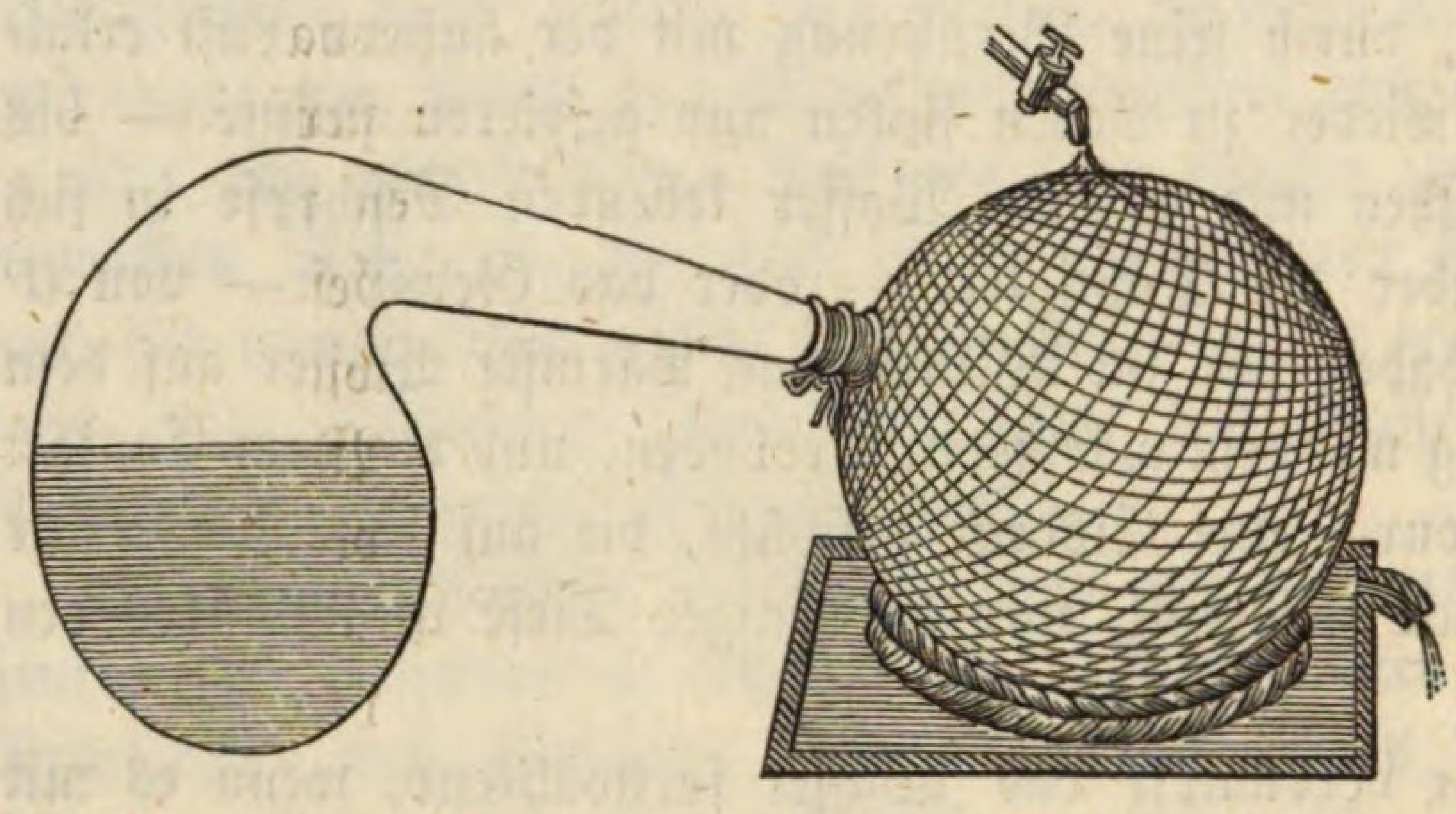
An der Oberfläche verdampft das Wasser fortwährend, wenn es mit der freien Luft in Berührung steht, indem es theils dieser, theils den darunter liegenden Wassertheilchen Wärme entzieht; rascher geht dieß von Statten, wenn ihm direkt Wärme zugeführt wird. Erreicht diese Erwärmung einen gewissen Grad (100° C.), so tritt der Uebergang in Gasform durch die ganze Masse hindurch ein, so daß diese in eine wallende Bewegung kommt, was man das Sieden des Wassers nennt.

Stickstoff. Wenn wir den Sauerstoff und Wasserstoff, namentlich in ihrer chemischen Verwandtschaft zu einander, als sehr energische Stoffe kennen gelernt haben, so ist dagegen der Stickstoff ein sehr indifferenter Stoff, der zu keinem der andern chemischen Elemente eine bedeutende Affinität zeigt, und sich namentlich mit keinem derselben direkt verbindet. Er ist gleichfalls ein permanentes Gas, das weder Farbe, noch Geruch, noch Geschmack zeigt, und macht dem Gewicht nach ungefähr $^3/_4$, und dem Volumen nach $^4/_5$ der atmosphärischen Luft aus, aus welcher wir ihn auch

*) 1 württemb. Kubikfuß wiegt 50,3 württemb. Pfund.

erhalten, wenn wir in einer über Wasser abgeschlossenen Glasglocke, welche Luft enthält, ein Stückchen Phosphor verbrennen; wenn aller Sauerstoff aufgezehrt ist, so erlischt die Flamme; das Wasser ist allmälig in der Glasglocke gestiegen und hat $1/5$ des Raums erfüllt; die übrigen $4/5$ sind mit Stickstoff angefüllt. Ist der Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft ausgeschieden; so ist der überbleibende Stickstoff natürlich unfähig, das Leben zu erhalten: Menschen und Thiere ersticken darin, das Feuer erlischt, Pflanzen sterben ab — daher sein Name.

Eine der für die Gewerbe wichtigsten Verbindungen des Stickstoffs ist die Salpetersäure, aus 1 G. Th. Stickstoff und 5 G. Th. Sauerstoff bestehend; sie wird in der Regel aus ihrer in der Natur vorkommenden Verbindung mit Kali oder Natron — Salpeter — gewonnen. Um die Salpetersäure aus dem salpetersauren Natron darzustellen, erhitzt man dieses mit Schwefelsäure, wodurch es sich zersetzt und schwefelsaures Natron nebst Salpetersäurehydrat bildet. Im Kleinen kann dieß mittelst einer Retorte (s. d. Fig.), die unmittelbar mit einer Vorlage verbunden ist, geschehen. Die Vorlage muß zum Zweck der raschen Verdichtung des überströmenden Salpetersäuregases durch kaltes Wasser, das durch ein Netz über die ganze Oberfläche derselben vertheilt ist, fortwährend abgekühlt werden. Im Großen wendet man sogenannte Galeerenöfen an, in welchen viele Retorten (gewöhnlich 10—12, in zwei Reihen aufgestellt) von demselben Feuer gleichzeitig erhitzt werden. — Da, wie wir oben bemerkt haben, der Stickstoff keine große chemische Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, so ist auch die Salpetersäure keine sehr innige Verbindung; vielmehr gibt sie leicht Sauerstoff ab und wirkt daher oxydirend auf andere Körper, worauf hauptsächlich ihre Anwendung in der Technik beruht. Fast alle Metalle, mit Ausnahme des Goldes und des reinen Platins, werden in Salpetersäure gelöst, weßhalb sie zum Aetzen des Kupfers und des Stahls, zum Ausscheiden des Silbers aus seiner Mischung mit Gold (daher der Name Scheidewasser) u. s. w. benützt werden kann. Die organischen Stoffe werden durch Salpetersäure, besonders bei einiger Erwärmung, zerstört, und dabei häufig gelb gefärbt, so: Holz, thierische Haut, Thierwolle, Federn u. s. f.



Die atmosphärische Luft.

Wie wir bereits angedeutet haben, besteht die atmosphärische Luft aus 4 Vol. Stickstoff und 1 Vol. Sauerstoff; diese sind aber nicht chemisch verbunden, sondern nur mechanisch gemengt. Die Operationen, den Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft zu bestimmen, heißen eudiometrische Untersuchungen, und die dabei angewandten Apparate — Eudiometer. Daß hiezu Phosphor, Spiritus ꝛc. und eine über Wasser abgesperrte Glasglocke gebraucht werden können, haben wir schon angeführt. Das bequemste und genaueste jedoch ist das Wasserstoff-Eudiometer. Da die Luft einige unwesentliche und überdieß geringe Nebenbestandtheile, namentlich Wassergas und Kohlensäure, hat, so muß sie vor dem Versuch von diesen gereinigt werden, indem man sie durch Chlorcalcium, welches das Wasser, und durch Kalk oder Kali, welche die Kohlensäure aufnehmen, streichen läßt. Von dieser gereinigten Luft wird alsdann eine bestimmte Menge in eine graduirte Röhre gebracht, eine angemessene Menge (dem Volum. nach etwa gleichviel) Wasserstoff hinzugelassen, und die Verbindung des Sauer- und des Wasserstoffs durch elektrische Funken (mittelst luftdicht in die Röhrenwände eingefügter Platindrähte) vermittelt. Der 3te Theil des durch den Prozeß verschwundenen Volumens gibt alsdann die in der dabei angewendeten Portion Luft enthalten gewesene Sauerstoffmenge, da sich immer 2 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Sauerstoff zu Wasser verbinden.

Fragen wir, wozu denn in der atmosphärischen Luft der Stickstoff dem Sauerstoff beigemischt sei, da er doch unfähig ist, das Leben zu erhalten, so liegt die Antwort sehr nahe: wir haben oben gesehen, daß im reinen Sauerstoff die Körper außerordentlich rasch verbrennen; ebenso würde nun auch der Athmungsprozeß einen ungleich rascheren Verlauf nehmen, nach Kurzem zerstörend auf die Athmungswerkzeuge der Thiere und Menschen wirken und den Tod derselben herbeiführen (wie durch Versuche mit kleinern Thieren leicht nachgewiesen werden kann); gleich heftig würden alle übrigen Wirkungen der Sauerstoffluft auftreten, und es ist daher eine sehr weise Einrichtung in der Natur, daß die Gewalt des Sauerstoffs durch die Beimischung des Stickstoffs einigermaßen in den Schranken gehalten wird.

Kohlenstoff. In seiner reinsten Form tritt dieser in keiner der bis jetzt erreichten Temperaturen schmelzbare Stoff im Diamant auf; außerdem ist er in der unorganischen Natur im Graphit, mit Eisenoxyd, oft auch mit Kiesel und Thon verunreinigt, enthalten, aus dem die Bleistifte und manche Schmelztiegel bestehen, und im Anthrazit, der oft noch kleine Mengen von Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff enthält und mit Eisenoxyd, Kiesel- und Thonerde vermischt ist. Organischen Ursprungs ist die Stein- und Braunkohle, obgleich auch diese gewöhnlich zu den Mineralien

gezählt werden. Endlich bildet der Kohlenstoff den Hauptbestandtheil des Thier- und Pflanzenkörpers, aus denen er gewonnen wird, indem man die mit ihm darin verbundenen übrigen einfachen Stoffe (Sauer-, Wasser- und Stickstoff) durch Erhitzen in andere Verbindungen überführt und verflüchtigt. Stein-, Braun- und **Pflanzenkohle** werden zum Verbrennen, letztere, sowie insbesondere die aus Blut, Fleischabfällen, Knochen u. s. w. bereitete **Thierkohle**, auch zur Entfärbung, Zuckerraffination, Entfuselung des Branntweins, Trinkbarmachung des Wassers u. s. w. angewandt, da sie die Eigenschaft haben, Gase, Farb- und Extraktivstoffe, brenzliche Oele ꝛc. zu absorbiren und festzuhalten.

Mit dem Sauerstoff geht der Kohlenstoff mehrere Verbindungen ein: die höchste und wichtigste Oxydationsstufe desselben ist die **Kohlensäure** (1 G. Th. Kohlen- auf 2 G. Th. Sauerstoff), welche theils als reines Gas aus der Erde strömt (Neapel, Pyrmont, Brohlthal am Rhein), theils im Quellwasser — insbesondere im Sauerwasser — aufgelöst, theils in verschiedenen mineralischen Stoffen, hauptsächlich an Kalk im gewöhnlichen Kalkstein, im Marmor und in der Kreide gebunden, vorkommt. Sie bildet sich außerdem beim Verbrennen, Verwesen und Faulen organischer Substanzen, beim Athmen der Menschen und Thiere, beim Gähren des Weines ꝛc., und ist daher auch in geringer Menge in der atmosphärischen Luft enthalten. Da sie 1½mal schwerer als die Luft ist, so fällt sie in ihr zu Boden (man kann sie deßhalb, ähnlich einer tropfbaren Flüssigkeit, von einem Glas in's andere leeren), und sammelt sich gerne in Kellern, Brunnen, Bergwerken ꝛc. Da sie eingeathmet tödtlich wirkt, so ist in solchen Räumen, wenn sie darin vermuthet werden kann, Vorsicht nöthig; ein Licht, das in diese Räume gebracht wird, ist hier der einfachste Rathgeber, indem es durch Erlöschen die vorhandene Gefahr ankündigt. — Um die Kohlensäure zu entfernen, spritzt man entweder Kalkwasser (aus gelöschtem Kalk bereitet) in solche Räume, wobei sie mit dem Kalk eine Verbindung eingeht, oder man treibt dieselbe durch einen Schuß mittelst eines Feuergewehrs, oder durch Herstellung eines Luftzugs aus.

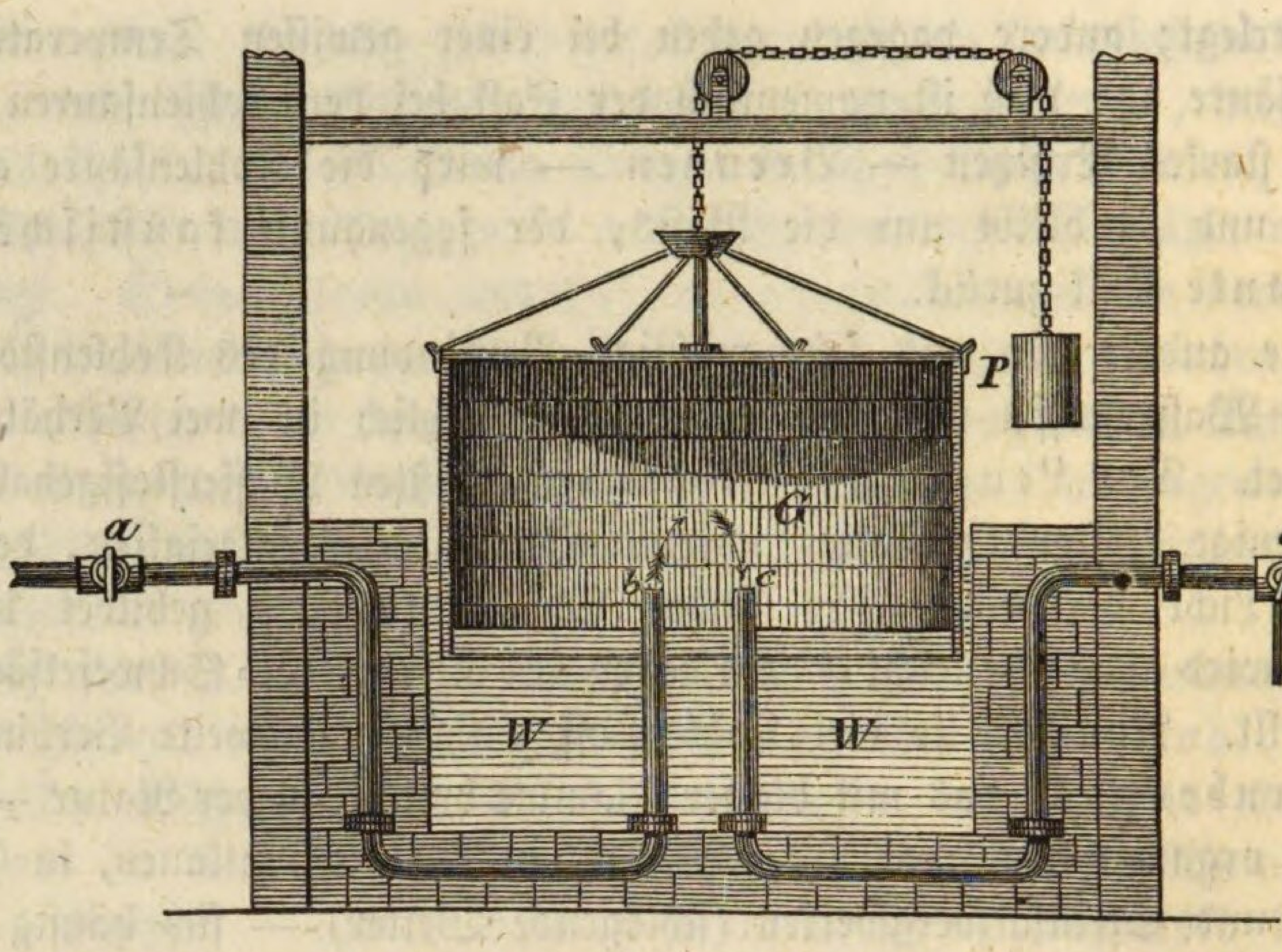
Die Kohlensäure der Luft spielt im Pflanzenleben eine wichtige Rolle. Die Pflanzen athmen nämlich durch eigene Organe Kohlensäure aus der Luft ein, zerlegen dieselbe unter dem Einfluß des Sonnenlichts, eignen sich den Kohlenstoff an (für manche auf kahlen Felsen u. s. w. stehende Pflanze ist dieß die Hauptnahrungsquelle) und geben den Sauerstoff wieder der Luft zurück. Beim Athmen der Thiere tritt der umgekehrte Fall ein: hier verbindet sich der eingeathmete Sauerstoff der Luft mit dem überflüssigen Kohlenstoff, der ihm im Blut dargeboten wird, und wird als Kohlensäure ausgeathmet.

Manche kohlensaure Salze werden selbst durch die höchsten Hitzgrade

nicht zerlegt; andere dagegen geben bei einer gewissen Temperatur die Kohlensäure ab: dieß ist namentlich der Fall bei dem kohlensauren Kalk. Durch starkes Erhitzen — Brennen — wird die Kohlensäure ausgetrieben und es bleibt nur die Basis, der sogenannte kaustische oder gebrannte Kalk zurück.

Eine andere für uns sehr wichtige Verbindung des Kohlenstoffs ist die mit Wasserstoff, mit dem er sich hauptsächlich in zwei Verhältnissen verbindet. Das Leuchtgas, welches den größten Wasserstoffgehalt hat, ist derjenige Bestandtheil aller unserer Beleuchtungsmaterialien, der das stärkste Licht verbreitet. Es findet sich nicht fertig gebildet in der Natur, wird aber sehr leicht — am besten aus Alkohol und Schwefelsäure — dargestellt. Nur halb so viel Kohlenstoff enthält die zweite Verbindung, das Grubengas, das mit blasser Flamme brennt, in der Natur — beim Faulen organischer Körper unter Wasser, in Schlammvulkanen, in Steinkohlen- und Steinsalzbergwerken (schlagende Wetter) — sich häufig bildet und ebenfalls einen Hauptbestandtheil unserer leuchtenden Flammen bildet.

Leuchtgas und Grubengas in verschiedenen Verhältnissen gemengt, bilden dasjenige Gas, welches wir in größeren Städten zur Straßenbeleuchtung ꝛc. angewendet sehen. Es wird in der Regel aus Steinkohlen — Harze, Oele, Fette aller Art können ebenfalls benützt werden — bereitet, indem man dieselben in großen, eisernen, cylindrischen Retorten bis zur Kirschrothglühhitze — in dieser Temperatur erhält man das Maximum an Leucht- und Grubengas — erhitzt. Das dabei sich entwickelnde und außer diesen beiden Gasen auch noch Kohlensäure, Kohlenoxyd, Schwefelwasserstoff, Wasserdampf, Wasserstoffgas, Theer, Ammoniak u. s. w. enthaltende Gas wird alsdann theils durch Abkühlen, theils durch Vermischen mit Kalkwasser, von den beigemischten, unwesentlichen Bestandtheilen, mit Ausnahme des Wasserstoff- und Kohlenoxydgases, gereinigt und in die Gasometer — blecherne, durch Wasser abgesperrte, cylindrische Gefässe — geleitet, aus welchen es durch große, in den Boden eingegrabene Röhren, die sich in die Straßen und Häuser verzweigen, an den Ort seiner Bestimmung geführt wird. Beigefügte Zeichnung stellt einen solchen Gasbehälter dar. Durch den Hahnen a gelangt das Gas in den Gasometer und tritt bei b ein, wodurch der blecherne Cylinder G, unter Beihülfe des Gegengewichts P (damit das Gas nicht einem zu großen Druck ausgesetzt sei) gehoben wird. Ist er gefüllt und soll das Gas dem Ort seiner Bestimmung zugeführt werden, so wird der Hahn a geschlossen, und dagegen d, der bis dahin geschlossen war, geöffnet; das Gas entweicht unter dem Druck des blechernen Cylinders durch c, und dieser senkt sich in der Cysterne WW, bis er entleert ist, oder bis der Hahn d wieder geschlossen wird. Bei der Verbrennung des Gases bildet sich Kohlensäure und Wasser.



Den Rückstand der Steinkohlen in den eisernen Retorten bildet eine zusammengesinterte, schwer verbrennliche Kohle — Koke —, die an Heizkraft der besten Steinkohle gleichkommt.

Schwefel. Der Schwefel findet sich in der Natur theils rein — gediegener Schwefel —, theils in Verbindung mit anderen Stoffen. Unter Abschluß der Luft erhitzt, schmilzt er und verwandelt sich zuletzt in Dampf; kehrt der Schwefeldampf wieder in die feste Form zurück, so bleibt er außerordentlich fein zertheilt und bildet die sogenannten Schwefelblumen. An der Luft erhitzt, verbrennt der Schwefel mit blauer Flamme und bildet ein scharfriechendes, erstickendes Gas, die schwefelige Säure, welche zum Bleichen gebraucht wird. Eine höhere Oxydationsstufe desselben ist die Schwefelsäure, die entweder aus schwefeliger Säure — durch weitere Oxydation — oder aus schwefelsaurem Eisenoxydul (Eisenvitriol) durch Zerlegung mittelst Hitze gewonnen wird; erstere kommt im Handel unter dem Namen englische Schwefelsäure, und letztere als (Nordhäuser) Vitriolöl vor. Die Schwefelsäure ist in ihrer Anwendung eine der wichtigsten Säuren; denn nicht allein dient sie zur Darstellung vieler anderer chemischer Stoffe, wie: Salzsäure, Salpetersäure, Kohlensäure, Chlor, Phosphor, sondern sie wird auch sonst in den verschiedensten Zweigen der Industrie benützt. *) Die Verbindung des Schwefels mit Wasserstoff — Schwefelwasserstoff — ist ein stinkendes, nach faulen Eiern riechendes Gas, das in den sogenannten Schwefelquellen

*) Die Menge der jährlich fabrizirten Schwefelsäure (meistens englische, aus sicilianischem Schwefel) ist außerordentlich groß; eine einzige Fabrik in Glasgow, eine der größten, soll jährlich 8000000 Kilogr. dieser Säure produziren.

in Wasser gelöst vorkommt, und sich immer bildet, wenn schwefelhaltige organische Körper in Fäulniß übergehen.

Phosphor. Dieser höchst entzündliche, schon bei gewöhnlicher Temperatur sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindende Stoff wird aus den Knochen (phosphorsaurem Kalk) dargestellt, und zum Schutz gegen die Luft in Wasser, in welchem er ganz unlöslich ist, aufbewahrt. Auf seiner leichten Entzündlichkeit — schon durch Reiben bricht er in Flamme aus — beruht seine Anwendung bei der Bereitung von Zündhölzern, Zündschwamm rc. Er bildet mehrere Oxydationsstufen, die übrigens wenig Anwendung finden. Unter seinen Verbindungen mit Wasserstoff ist diejenige besonders interessant, die, selbst wenn sie eben aus dem Wasser tritt, sich selbst entzündet und mit leuchtender Flamme verbrennt. Da sie sich auch in Sümpfen beim Verwesen organischer Stoffe bildet, so haben ihr Manche die Entstehung der Irrlichter zuschreiben wollen.

Bor, ein grünlich-braunes Pulver, verbrennt, an der Luft erhitzt, unter Funkensprühen zu Borsäure. Diese, ein in der Glühhitze schmelzbares, farbloses und durchsichtiges Glas, wird hauptsächlich zu Löthrohrversuchen benützt. Das doppelt borsaure Natron (s. Natrium) oder der Borax schmilzt in der Rothglühhitze und löst alsdann leicht Metalloxyde auf, worauf seine hauptsächlichste Anwendung beim Löthen der Metalle beruht.

Kiesel. Dieser Grundstoff kommt in der Natur nirgends in freiem Zustande vor; desto häufiger treffen wir seine Verbindung mit Sauerstoff, die Kieselerde (Kieselsäure), mehr oder weniger rein im Bergkrystall, Quarz, Amethyst, Feuerstein, Jaspis, Opal, Achat u. s. w. Da nicht allein der Sand seiner Hauptmasse nach aus Quarzkörnern besteht, sondern auch der Hauptbestandtheil der gewöhnlichen Thonarten kieselsaure Thonerde ist, so ist leicht zu erklären, warum fast in allen Pflanzen auch Kieselsäure angetroffen wird. Die Stengel der verschiedenen Grasarten, der Schachtelhalme u. s. w., verdanken ihre rauhe und harte Oberfläche vorzüglich ihrem reichen Gehalt an Kieselsäure, die sich in den Zellen der Oberhaut in fester Form ausgeschieden hat. Der Quarzsand wird zur Bereitung des Glases, des Emails und der Smalte, als Zuschlag bei manchen Hüttenprozessen, zum Poliren und als Zusatz zum Mörtel, sowie Quarzfels oder quarzreicher Sandstein wegen seiner Feuerbeständigkeit beim Hochofenbau angewendet.

Chlor ist ein sehr schweres, grünlichgelbes, coercibles Gas von eigenthümlichem Geruch, das, rein eingeathmet, tödtlich wirkt. Da es organische Stoffe entfärbt und zerstört, so wird es als Bleichmittel und zur Zerstörung von Geruchs- und Ansteckungsstoffen — bald in Gasform, bald in seiner Auflösung in Wasser — Chlorwasser — gebraucht.

Zum Sauerstoff hat das Chlor eine geringere Verwandtschaft als zum Wasserstoff, mit welchem es sich, in richtigem Verhältniß gemischt, im Sonnenlicht unter heftiger Explosion verbindet. Das Produkt dieses Prozesses ist der Chlorwasserstoff, dessen Auflösung im Wasser wir unter dem Namen Salzsäure kennen. Diese wird jedoch in der Regel aus Kochsalz und Schwefelsäure durch Erwärmung dargestellt. Ein Gemenge von Salpeter- und Salzsäure wird unter dem Namen Königswasser zur Auflösung des Goldes, Platins u. s. w. benutzt.

Jod. Obgleich bei gewöhnlicher Temperatur ein fester Körper von grauschwarzer, glänzender Farbe, hat das Jod doch sehr viel Aehnlichkeit mit dem Chlor. Es findet sich im Meerwasser, in den meisten Meerpflanzen, in den Badeschwämmen u. s. w. Erwärmt verwandelt es sich in einen violetten Dampf, der sich beim Erkalten wieder in zarten Krystallen an die Wände des Gefässes ansetzt. Es wird in der Medizin und bei der Verfertigung von Lichtbildern (Daguerreotypen) verwendet.

Fluor ist der Name eines Metalloids, das bis jetzt noch nicht in isolirtem Zustande dargestellt werden konnte; man kennt es daher nur in seinen Verbindungen, die viel Aehnlichkeit mit denen des Chlors und des Jods haben. Sein Hauptvorkommen ist im Flußspath (Fluorcalcium); seine Verbindung mit Wasserstoff, der Fluorwasserstoff oder die Flußsäure, wird zum Aetzen des Glases gebraucht.

Cyan. Das Cyan unterscheidet sich von den seither beschriebenen Grundstoffen dadurch, daß es kein einfaches, sondern ein zusammengesetztes, aus Kohlenstoff und Stickstoff bestehendes Radikal, und in dieser Beziehung als ein organischer Stoff zu betrachten ist. Da es jedoch direkt dargestellt werden kann und in seinem chemischen Verhalten dem Chlor, Jod u. s. w. ganz ähnlich ist, so bildet es gleichsam den Uebergang von der unorganischen zur organischen Chemie. Das Cyan bildet sich, wenn stickstoffhaltige organische Körper — Blut, Fleisch, Horn 2c. — mit starken Basen, namentlich Kali und Eisenoxyd, geglüht werden. Im reinen Zustand erhält man es, wenn man Cyanquecksilber erhitzt. Es ist ein giftiges, farbloses, coercibeles Gas, das mit purpurrother Farbe brennt. Seine Verbindung mit Wasserstoff ist unter dem Namen Blausäure als eines der heftigsten Gifte bekannt, und zwei verschiedene Verbindungen desselben mit Eisen bilden, unter sich verbunden, das Berlinerblau.

Leichte Metalle.

Unter den leichten Metallen zeichnen sich einige durch besonders energischen Charakter, sowie hauptsächlich dadurch aus, daß ihre Oxyde, deren Verbindungen mit fetten Säuren — die Seifen — und ihre kohlensauren Salze in Wasser sehr leicht löslich, letztere überdieß feuerbeständig sind.

Man gibt ihnen in der Chemie den gemeinschaftlichen Namen Alkalimetalle, da man früher die Oxyde der drei wichtigsten derselben als vegetabilisches (Kali), mineralisches (Natron) und flüchtiges Alkali (Ammoniak) unterschied. Eine zweite Reihe bilden die Metalle der sogenannten erdigen Alkalien, deren Oxyde schwer löslich, die Seifen derselben, sowie ihre kohlensauren Salze aber unlöslich, letztere überdieß bei großer Hitze zersetzbar sind; dahin gehört das Calcium. Die dritte Klasse der leichten Metalle bilden die Metalle der Erden, deren Oxyde, wie auch deren Seifen (kohlensaure Salze bilden sie nicht) im Wasser ganz unlöslich sind; — das wichtigste Metall dieser Klasse ist das Aluminium. Die leichten Metalle kommen in der Natur nur in Verbindung mit andern Körpern vor; ihre Oxyde sind die stärksten Basen.

Kalium (Potassium), ein in gewöhnlicher Temperatur weiches, in der Kälte sprödes, weißliches Metall, das bei geringer Erwärmung schmilzt und in der Rothglühhitze ein grünliches Gas bildet, ist das stärkste Alkalimetall; es oxydirt sich rasch an der Luft und verbrennt, wenn es erhitzt wird, mit rother Flamme zu Kaliumoxyd oder Kali. Da es das Wasser zersetzt, indem es sich unter Feuererscheinung mit dem Sauerstoff desselben verbindet, so wird es gewöhnlich in Steinöl (Bergnaphta) aufbewahrt.

Das reine Kaliumoxyd wirkt heftig ätzend auf die Haut; jedoch wird es als solches nie, sondern stets nur als Kalihydrat*) (Aetzkali, kaustisches Kali, 1 G.Th. Kali + 1 G.Th. Wasser) angewendet; dieses ist ein ätzender Körper von ziemlich weißer Farbe, der begierig noch weiter Wasser aufnimmt und, unter gleichzeitiger Aufnahme von Kohlensäure, an feuchter Luft zerfließt. Das Aetzkali wird in fester Form erhalten, wenn man kohlensaures Kali, in 10—12 Theilen Wasser gelöst, mit gelöschtem Kalk kocht, den sich bildenden unlöslichen kohlensauren Kalk von dem in der Lösung enthaltenen Aetzkali trennt, und diese sodann in silbernen oder auch blanken eisernen Gefäßen abdampft. Die Auflösung des Kali's in Wasser wird unter dem Namen Aetzlauge in manchen Gewerben, namentlich in der Seifensiederei, gebraucht; zu diesen Zwecken wird sie gewöhnlich durch Kochen von Aschenlauge oder Pottasche mit gelöschtem Kalk erhalten.

Unter den Salzen, welche das Kali bildet, heben wir, als von besonderer praktischer Wichtigkeit, das kohlensaure und das salpetersaure hervor:

Das kohlensaure Kali wird im reinen Zustand in der Chemie und Medizin, und im unreinen Zustand, als Pottasche, namentlich bei der Glasfabrikation gebraucht. Zur Bereitung der Pottasche benutzt man

---

*) Hydrate heißen die Stoffe, welche chemisch gebundenes Wasser — Hydratwasser — enthalten.

Holzasche, welche hauptsächlich aus den unverbrennlichen, mineralischen Bestandtheilen der Pflanzen, die diese aus dem Erdboden aufgenommen haben, besteht. Eine Scheidung dieser verschiedenartigen Stoffe wird durch Behandlung mit Regen- oder Flußwasser — Auslaugen — erzielt, wobei die unlöslichen, wie Kalk-, Bittererde-, Eisenoxydsalze ꝛc., zurückbleiben und vorzugsweise nur Kaliverbindungen (hauptsächlich kohlensaures Kali) in die Auflösung übergehen, aus der man die Pottasche durch Abdampfen erhält. — Die Asche der krautartigen Gewächse ist bei weitem reicher an kohlensaurem Kali, als gewöhnliche Holzasche.

Das salpetersaure Kali ist unter dem Namen Salpeter im Handel. Dasselbe efflorescirt (wittert aus), mit mehr oder weniger salpetersaurer Kalkerde vermischt, in manchen Gegenden geradezu aus dem Boden, wie in Egypten und Ungarn, oder aus den Felswänden mancher Kalksteinhöhlen in Ostindien, namentlich auf Ceylon; auch gewinnt man es in dieser Form aus der sogenannten Gayerde (in der Nähe von Ställen und Kloaken) und künstlich in den sogenannten Salpeterplantagen in Frankreich, Schweden, Rußland ꝛc., wo es aus einer lockern, stets feuchtgehaltenen, mit Kalkschutt, kalireichen Pflanzen (Disteln, Wermuth ꝛc.), Dünger und andern stickstoffhaltigen organischen Stoffen vermengten Erde sich erzeugt. Der so erhaltene Salpeter muß stets noch mit Pottaschenlauge behandelt — ausgelaugt — werden, wobei die salpetersaure Kalkerde und das kohlensaure Kali (Pottasche) sich gegenseitig zersetzen, kohlensaurer Kalk in fester Form zu Boden fällt, und in der Auflösung nur salpetersaures Kali zurückbleibt. (Eine weitere Bereitungsart s. Natrium.) Der Salpeter wird hauptsächlich zur Bereitung des Schießpulvers (Salpeter, Kohle und Schwefel, je nach dem Zweck in verschiedenen Verhältnissen gemischt) und anderer detonirender Gemische, zum Einpöckeln des Fleisches, zur Darstellung der Salpetersäure, Schwefelsäure u. s. w. benutzt.

Natrium ist ein dem Kalium ganz ähnliches Metall, nur von weniger energischen Eigenschaften. Auch seine Verbindungen mit andern Körpern entsprechen mehr oder weniger denen des Kaliums. Daher heben wir unter diesen nur einige der wichtigeren hervor:

Das kohlensaure Natron (Natron = Natriumoxyd) oder die Soda findet sich fertig gebildet in vielen Mineralwassern und in den sogenannten Natronseen Egyptens, Ungarns und Mexiko's, welche dasselbe beim Verdampfen in festen Massen zurücklassen. Außerdem wird die Soda in großer Menge aus den Meer- und Strandpflanzen gewonnen, welche viele Natronsalze enthalten, die sich beim Lebensprozeß der Pflanzen durch theilweise Zersetzung des im Lebenssaft derselben enthaltenen Kochsalzes — Chlornatriums — gebildet haben, und aus denen dieselbe dargestellt wird, indem man die aus dem Wasser gezogenen Seetange oder die abge-

schnittenen Strandpflanzen trocknet und nachher einäschert. Die Asche, welche hauptsächlich aus kohlensaurem (durch Zersetzung der organischen Säuren) und schwefelsaurem Natron, Chlornatrium, Schwefelnatrium u. s. w. besteht, backt dabei zusammen und bildet eine feste Masse, die man als rohe, natürliche Soda in den Handel bringt. Den Gegensatz zu der natürlichen Soda bildet die künstliche, welche durch Zersetzung des Kochsalzes mittelst Schwefelsäure, und durch Glühen des dadurch entstandenen schwefelsauren Natrons mit Kohle und kohlensaurem Kalk gewonnen wird. — Die Soda wird vorzüglich in der Glasfabrikation, Seifensiederei, Bleicherei u. s. w. angewendet.

Das salpetersaure Natron ist das einzige in größern Massen in der Natur vorkommende salpetersaure Salz. Im Distrikte Atakama in Peru findet sich nämlich ein sehr ausgedehntes Lager von salpetersaurem Natron, das unter dem Namen Südsee- oder Chilisalpeter in den Handel gebracht wird. Seiner größern Wohlfeilheit wegen wird dieser in vielen Fällen anstatt des Kalisalpeters benutzt; nur zu Schießpulver und andern explodirenden Gemischen ist er untauglich, weil er an der Luft feucht wird; dagegen kann er zur Darstellung des Kalisalpeters benützt werden, indem man eine concentrirte Lösung desselben mit Pottaschenlösung vermischt, wobei beide Salze ihre Säuren vertauschen. Eine Hauptanwendung des salpetersauren Natrons ist auch die zur Salpetersäurefabrikation (s. Salpetersäure).

Das schwefelsaure Natron ist unter dem Namen Glaubersalz bekannt, wird durch Zersetzung des Kochsalzes oder des Salpeters mit Schwefelsäure erhalten, und in der Glasfabrikation, Sodafabrikation, Heilkunde u. s. w. gebraucht.

Chlornatrium oder Kochsalz kommt in der Natur sehr häufig vor, theils als Gestein — Steinsalz, theils in Wasser gelöst in den sogenannten Salzsoolen oder im Meerwasser. Reines Steinsalz wird für das Vieh — auch wohl für Menschen gebraucht; unreines, namentlich mit Thon vermischtes, wird erst aufgelöst und dann wie Salzsoole weiter behandelt. Die Salzsoole wird, wenn sie nicht hinreichend salzhaltig ist, vorerst gradirt, d. h. dem Verdampfen an der Luft ausgesetzt, indem man sie über die Gradirhäuser (mit Reisern von Schlehdorn durchflochtene, luftige, hölzerne Gerüste) ausgießt und an den Reisern abtropfen läßt; alsdann wird die so concentrirte Lösung in schmiedeisernen Pfannen abgedampft, wobei sich die fremden Beimischungen im Pfannenstein absetzen, das Kochsalz in treppenförmigen Krystallen herauskrystallisirt und endlich in den Trockenstuben vollends ganz abtrocknet. Aus dem Meerwasser erhält man es in den südlichen Ländern Europa's während der warmen Jahreszeit durch Abdampfen in flachen Bassins; in kalten

dagegen, wie in Sibirien, durch Ausgefrieren. Das Kochsalz wird, wie bekannt, als Gewürze, dann aber auch zu mancherlei chemischen und gewerblichen Zwecken benutzt.

Ammonium. Dieser bis jetzt noch nicht isolirte Körper ist ein aus Stickstoff und Wasserstoff bestehendes, zusammengesetztes Radikal, das in seinen Verbindungen, wie in seinem ganzen Verhalten die größte Aehnlichkeit mit den beiden bereits aufgeführten Alkalimetallen hat. Seine Verbindungen mit Sauerstoff, Ammoniak, von sehr scharfem, stechendem Geruch, und mit Chlor, Salmiak, sind längst bekannt. Mit dem Namen Salmiakgeist oder Salmiakspiritus bezeichnet man in der Regel eine Auflösung des Ammoniaks in Wasser. Das Ammoniak wird in der Färberei, zum Auswaschen von Fett- und Säureflecken u. s. w. gebraucht; außerdem bildet es einen Hauptnahrungsstoff der Pflanzen. Der Salmiak, der zuweilen in den Kratern der Vulkane ziemlich reichlich vorkommt, wird in Egypten aus Kameelmist, und bei uns aus verfaultem Urin oder aus kohlensaurem Ammoniak fabrikmäßig dargestellt. Er wird ebenfalls in der Färberei, beim Löthen, Verzinnen u. s. w. gebraucht.

Calcium, ein erdiges Alkalimetall, ist als Element wenig bekannt, um so wichtiger und zahlreicher sind seine Verbindungen. Sein Oxyd, die Kalkerde, bildet die Basis des kohlensauren Kalks, der in Krystall- oder krystallinischer Form Kalkspath, in krystallinisch feinkörniger Marmor, in derber kurzweg Kalk oder Kalkstein und in mehr oder weniger zerreiblicher, erdiger Form endlich Kreide genannt wird, des schwefelsauren Kalks, den wir unter dem Namen Gyps kennen u. s. w. Hiernach darf der Kalk als einer der im Mineralreich verbreitetsten Stoffe angesehen werden. Die Kalkerde (Calciumoxyd), in der Technik als gebrannter Kalk bekannt, dient vorzugsweise zur Mörtelbereitung, und wird außerdem in der Gerberei, Seifensiederei, Zuckerfabrikation u. s. w. gebraucht. Man gewinnt sie zu diesen Zwecken aus gewöhnlichem Kalkstein (reiner aus Marmor) durch Brennen in Schachtöfen, wobei die Kohlensäure in Gasform entweicht. Uebergießt man den gebrannten Kalk mit Wasser — Löschen des Kalks —, so erhitzt er sich stark und es bildet sich Kalkhydrat, in welcher Form er gewöhnlich bis zum wietern Gebrauch aufbewahrt wird. Die Anwendung des gelöschten Kalks als Luftmörtel (beim Hochbau gebraucht) beruht auf seiner Eigenschaft, aus der Luft Kohlensäure aufzunehmen und wieder kohlensauren Kalk zu bilden, was er vor dem Brennen war. Dieß wird wesentlich befördert durch einen Zusatz von Quarzsand, da die eckigen, kantigen Körner des Sandes einen vermehrten Luftzutritt in das Innere der Masse gestatten, zugleich aber auch feste Anhängepunkte für den erhärtenden Kalk bilden. Bei Wasserbauten kann der gewöhnliche,

gebrannte Kalk nicht gebraucht werden, da er im Wasser zerfällt und sich zertheilt. Die Verwendung des Kalks zu Wassermörtel beruht auf seiner Eigenschaft, gewisse kieselsaure Verbindungen unter Aufnahme von Wasser zu zersetzen, und festen kieselsauren Kalk zu bilden, der durch Wasser nicht verändert wird. Manche kieselsaure Verbindungen müssen zuerst gebrannt werden, wenn diese Zersetzung durch Kalk möglich sein soll. Zu Wassermörtel benützt man daher entweder thonhaltigen (mergelartigen) Kalkstein, der durch Brennen hydraulisch wird, d. h. die Eigenschaft erlangt, im Wasser zu erhärten, indem der Kalk alsdann den Thon (kieselsaure Thonerde) im Wasser zu zerlegen und selbst ein kieselsaures Salz zu bilden im Stande ist; oder man gibt dem gewöhnlichen gebrannten Kalk einen Zuschlag von solchen kieselsäurehaltigen Substanzen oder Cementen, wie gewisse vulkanische Trümmergesteine (Puzzolane, Traß), Bimsstein, Glasscherben, Hochofenschlacken u. drgl., und bildet so den künstlichen hydraulischen Kalk. Der Gyps verliert beim Brennen nicht die Schwefelsäure, sondern die in ihm enthaltenen 21 Prozent Wasser, die er, wenn er gepulvert mit Wasser übergossen wird, wieder aufnimmt, wobei er zur Steinmasse erhärtet. Auf dieser Eigenschaft beruht seine Anwendung als Mörtel, zur Verfertigung von Gypsfiguren und Verzierungen für architektonische Zwecke, und, wenn er vorher mit Leimwasser und Farbenzusätzen angerührt wurde, zur Nachahmung des Marmors — künstlicher Marmor oder Stuck. Eine sehr häufige Anwendung zum Bleichen und Zerstören von Ansteckungsstoffen findet auch eine Verbindung der Kalkerde mit unterchloriger Säure, der Chlorkalk, der in der Regel noch mit andern Stoffen, Kalkhydrat und Chlorcalcium, gemischt ist.

Das Glas besteht vorzüglich aus kieselsaurem Kali oder Natron, oder beiden zugleich, gemischt mit kieselsaurem Kalk oder Bleioxyd. Das gefärbte Bouteillenglas hat außerdem noch Zusätze an Eisenoxyd (gelblich), Eisenoxydul (grün) u. s. w. Das reine Kaliglas ist am schwersten schmelzbar, leichter schmelzbar ist das Natronglas; ein Zusatz von kieselsaurem Kalk und in höherem Grad manche Oxyde schwerer Metalle, befördern die Leichtflüssigkeit ungemein. Gewöhnlich wendet man Bleioxyd an, welches keine Färbung hervorbringt und dabei dem Glas einen schönen Glanz verleiht — Krystallglas. Die Kaligläser haben in der Regel einen gelbgrünlichen, die Natrongläser einen bläulichen Ton. Die Materialien, welche man zur Glasfabrikation benutzt, sind: Quarzsand (Kieselsäure), Pottasche, Soda, gebrannter Kalk oder Kreide und Bleioxyd.

Aluminium gehört zu den Metallen der Erden und bildet die Grundlage des Aluminiumoxyds oder der Thonerde, welche sich, hauptsächlich an Kieselerde gebunden, und mit andern Verbindungen gemengt, im Mineralreich sehr häufig findet, wie namentlich im Feldspath,

Glimmer, Bimsstein, in der Porzellanerde, im Töpferthon (Lehm, Letten) u. s. w. Auch bildet die Thonerde den Hauptbestandtheil mehrerer Edelsteine, des Saphirs, Topases, Chrysoberylls, Granats, Turmalins u. s. w.

Die verschiedenen Sorten des Thons werden zur Verfertigung aller Arten von Ziegel- und Töpferwaaren gebraucht. Mit Wasser vermischt läßt er sich nämlich zu einem bildsamen Teig kneten, dem man alle möglichen Formen geben kann, die er auch beim Trocknen an der Luft oder beim Brennen beibehält, dabei aber an Volumen etwas verliert — schwindet. Auf einem Gehalt an Alkalien und an Kalk, Bittererde, Eisenoxyd u. s. w. beruht die Schmelzbarkeit dieser Materialien, die in dieser Beziehung sich wesentlich unterscheiden. Zu den leichter schmelzbaren gehören: Ziegelstein, Backstein, das gewöhnliche Töpfergeschirr und die Fayence; zu den unschmelzbaren dagegen die verschiedenen Arten des Porzellans; zwischen beiden mitten inne steht das Steingut und Wedgewood (feines Steingut), die nicht eigentlich schmelzen, sondern nur zusammensintern.

Eine sehr wichtige Verbindung für technische Zwecke ist die schwefelsaure Kalithonerde, oder der Alaun, ein Doppelsalz, aus schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali bestehend. Der reinste Alaun ist der römische, den man zu Tolfa im Kirchenstaat aus dem Alaunstein durch Rösten, Auslaugen und Abdampfen an der Luft erhält. Auch Alaunschiefer, Alaunerde u. s. w., die in Deutschland, namentlich in der Mark Brandenburg, häufig vorkommen, liefern bei ähnlicher Behandlung mehr oder weniger reinen Alaun. Seine Hauptanwendung findet der Alaun in der Färberei als Beizmittel — Mordant, indem er innige Verbindungen mit vielen Farbstoffen eingeht; sodann in der Gerberei, sofern er den thierischen Faserstoff vor Fäulniß schützt, zur Herstellung wasserdichter Zeuge, in der Papierfabrikation u. s. w.

Schwere Metalle.

Unter den schweren Metallen gibt es einige, wie Silber, Gold, Platin, Iridium ꝛc., welche vom Sauerstoff der Luft nicht angegriffen werden; andere oxydiren sich an der Luft schon bei gewöhnlicher Temperatur mehr oder weniger leicht, überziehen sich mit einer dünnen Oxydschichte, verlieren dadurch ihren Glanz und ändern auch wohl ihre Farbe: jene nennen wir edle, diese unedle Metalle. Die edlen Metalle sind es hauptsächlich, welche in der Natur gediegen vorkommen; die übrigen finden sich zum weitaus größten Theil nur in Verbindung mit andern Stoffen, meist mit Sauerstoff als Erze und mit Schwefel als Kiese oder Blenden. Um das reine Metall aus diesen auszuscheiden, werden die sauerstoff-

haltigen mit Kohle gemengt und geglüht, die Schwefelverbindungen dagegen zuerst durch Rösten vom Schwefel befreit, und dann ebenfalls mit Kohle behandelt, da bei der erstern Operation das Metall sich in der Regel oxydirt. Außer dem Kohlenstoff, der sich hauptsächlich für die Anwendung im Großen eignet, werden zur Desoxydation der Metalle — gewöhnlich Reduktion genannt — auch angewendet: Wasserstoff, Kalium und manche kohlenstoff- und wasserstoffreiche organische Verbindungen, wie Fette, Oele, Harze u. drgl., überhaupt alle diejenigen Stoffe, welche eine größere chemische Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, als die Metalle selbst. Bei den edlen Metallen reicht einfaches Erhitzen — oft schon mittelst des Sonnenlichts — zur Reduktion hin. Die Verbindungen der Metalle unter sich selbst nennt man Legirungen — die mit Quecksilber ausnahmsweise Amalgame; obgleich die meisten derselben sehr innige Verbindungen sind, so entbehren sie doch den Charakter eigentlich chemischer Verbindungen, sofern ihre Bestandtheile in allen möglichen Gewichtsverhältnissen gemischt sein können. Manche Legirungen werden zum Löthen, d. h. zum Vereinigen zweier gleichartiger oder ungleichartiger Metallstücke gebraucht; so namentlich eine Legirung von Blei und Zinn zum Löthen des Bleis, Zinns, Zinks; eine Legirung von Kupfer und Zink zum Löthen des Kupfers; Legirungen von Zink und Messing, oder von Silber und Messing, oder von Kupfer, Zinn und Zink zum Löthen des Messings ꝛc. Vor dem Löthen müssen die Metallstücke gereinigt und namentlich von dem auf ihrer Oberfläche gebildeten Oxyd befreit werden; hiezu benutzt man theils Kolophonium, das beim Erhitzen sich zersetzt, und einen Theil seines Kohlenstoffs und Wasserstoffs zur Reduktion des Metalloxyds abgibt, theils Salmiak, wobei der sich bei der Zersetzung ausscheidende Wasserstoff denselben Dienst leistet, theils Borax, der sich in einfach borsaures Natron verwandelt, während die frei werdende Borsäure mit dem zu entfernenden Metalloxyd ein Salz bildet.

Zink ist ein krystallinisch-blättriges, stark glänzendes Metall von bläulichweißer Farbe, das bei der Weißglühhitze verdampft; es wird entweder aus Galmei (theils kohlensaures, theils kieselsaures Zinkoxyd), oder aus Zinkblende (Schwefelzink) gewonnen, und in zolldicken, gegossenen Platten, die mit einem gräulichen Ueberzug von Suboxyd (einer sehr niedern Oxydationsstufe desselben) versehen und dadurch vor weiterer Oxydation geschützt sind, in den Handel gebracht. Das Zink wird gebraucht zum Decken der Dächer, zu Gußwaaren aller Art, als: Statuen, Lampen, architektonischen Verzierungen, zur Darstellung des Messings, des Neusilbers, mancher Arten von Bronze, zum Ueberziehen des Eisenblechs statt des Zinns, zu Draht u. s. w. Als Trinkgeschirr kann es der Gesundheit nachtheilig werden.

In neuester Zeit hat das Zinkoxyd, das durch bloßes Erhitzen des Zinks an der Luft dargestellt wird, und den Namen Zinkweiß erhalten hat, große Wichtigkeit erlangt, sofern es nun in der Weise fabrizirt wird, daß es sowohl nach Preis als nach Leistungsfähigkeit das Bleiweiß in seinen meisten Anwendungen zu ersetzen im Stande ist, und vielleicht dasselbe in kurzer Zeit auch ganz verdrängen wird, da es diesem gegenüber bedeutende Vortheile bietet, indem es weder nachtheilig auf die Gesundheit wirkt, noch dem Schwarzwerden in Räumen unterworfen ist, wo Schwefelwasserstoff darauf einwirken kann, wie in chemischen Laboratorien, Bädern, Abtritten, in Zimmern, wo Gasbeleuchtung stattfindet und also zuweilen unverbranntes Leuchtgas ausströmt u. s. w.

Zinn hat in seinem äußern Aussehen viel Aehnlichkeit mit dem Zink; nur hat es eine weißere Farbe und ist bei weitem weicher und geschmeidiger, als dieses. Es ist eines der längst bekannten Metalle; schon die Alten kannten es unter dem Namen Jupiter. Das gegossene Zinn hat ein krystallinisches Gefüge, was die Ursache ist, daß beim Biegen desselben ein Geräusch (Geschrei des Zinns) entsteht, aus dessen Stärke man auf die Reinheit des Metalls zu schließen pflegt. Der Stanniol oder die Zinnfolie ist ein zu dünnen Blättern ausgeschlagenes Zinn, das beim Belegen der Spiegel, zum Einschlagen fetter Stoffe, zum Verschließen der Champagnerflaschen &c. gebraucht wird. Außerdem wird das Zinn zur Verfertigung von allerlei Geräthschaften, Trinkgeschirren, Orgelpfeifen u. s. w., zum Verzinnen des Eisens (Weißblech), Kupfers und Messings, zu Legirungen u. s. w. gebraucht. Eine Verbindung des Zinns mit Schwefel, das sogenannte Musivgold, wird zum Bronziren von Holz, Gyps &c. angewandt.

Blei hat eine etwas grauere Farbe, als Zink, ist sehr weich und geschmeidig, zeichnet sich durch bedeutendes Gewicht aus, überzieht sich an der Luft mit grauem Suboxyd und verdampft in der Weißglühhitze. Es kommt sehr selten gediegen vor und wird daher aus einer seiner Verbindungen, dem Bleiglanz (Schwefelblei), dargestellt. Das Blei kann zu papierdünnen Platten ausgewalzt werden; sonst wird es zur Bekleidung der Bleikammern in den Schwefelsäurefabriken, zu Pfannen für Vitriolsiedereien, zu Röhren &c. angewendet. Beimischungen von fremden Metallen machen das Blei sehr hart — Hartblei, im Gegensatz zu Weichblei oder reinem Blei —; das Schrotblei z. B. enthält 1 % Arsenik, das Blei, das zur Verfertigung der Buchdruckerlettern benutzt wird, 25—34 % Antimon, zuweilen auch Wißmuth u. s. w. Das Blei bildet Verbindungen mit dem Sauerstoff, die theils durch Erhitzen an der Luft, theils beim Abtreiben des Silbers aus silberhaltigem Blei und bei andern Prozessen gewonnen werden; dahin gehören: Bleiasche, Bleiglätte (je nach der

Farbe Silber- oder Goldglätte) und Mennige, ein hellrothes Pulver, das zur Malerei, zur Fabrikation feiner Glassorten u. s. w. angewendet wird. Die bekanntesten Bleisalze sind das kohlensaure Bleioxyd — Bleiweiß, und das essigsaure — Bleizucker; jenes wird zum Anstreichen hölzerner Geräthschaften (s. Zink), dieses in der Färberei und Kattundruckerei benutzt. Alle Bleipräparate sind giftiger Natur. Auch die im Haushalt gebrauchten Legirungen mit Zinn dürfen, wenn sie der Gesundheit nicht nachtheilig sein sollen, nicht über $^1/_5$ Blei enthalten. Der Bleigehalt ist daher in der Regel durch die Zahl der Stempel ausgedrückt: 4stempliges Zinn enthält auf 32 Theile Zinn 1 Th. Blei, 3stempliges — auf 5 Th. Zinn 1 Th. Blei, 2stempliges, das sogenannte schwache Schnellloth — auf 2 Th. Zinn 1 Th. Blei u. s. w.

Eisen. Die Verarbeitung des Eisens wurde, theils wegen seiner schweren Reduzirbarkeit, theils wegen seiner Unscheinbarkeit, erst lange nach der des Kupfers bekannt, weßhalb wir auch aus den frühesten Zeiten nur kupferne Geräthschaften, Waffen 2c. kennen. Gediegenes Eisen ist äußerst selten; bis jetzt hat man es nur in Nordamerika und in den Meteorsteinen entdeckt; gewöhnlich wird es aus seinen Erzen: Magneteisenstein, Roth-, Braun- (wozu Bohnerz), Spatheisenstein 2c. in Hochöfen gewonnen. Bei diesem Prozeß müssen die Sauerstoffverbindungen des Eisens reduzirt, die Verbindung des Eisens mit der Kohle, worauf seine leichtere Schmelzbarkeit beruht, eingeleitet, und die fremden Beimischungen der Erze, namentlich Kieselsäure, Kalkerde, Thonerde 2c., abgeschieden und zugleich möglichst schmelzbar gemacht werden. Die beiden ersten Zwecke erreicht man einfach durch Zusatz von Kohle, die beiden letzten dagegen dadurch, daß man entweder durch passende Vermengung verschiedener Eisenerze oder durch Zuschlag von Sand (Quarz), Kalkstein oder Flußspath auf die Bildung leichtflüssiger, kieselsaurer Verbindungen hinarbeitet, die alsdann als Schlacke sich ausscheiden. Je nach dem Gang des Hochofens erhält man verschiedene Arten von Gußeisen. Alles verarbeitete Eisen hat nämlich einen gewissen Kohlengehalt, das eine mehr, das andere weniger. Das Roh- oder Gußeisen hat den größten Kohlengehalt: das weiße, das man bei geringerer Hitze erhält, enthält 5% Kohle, hat ein silberglänzendes, blättriges Gefüge und ist so hart, daß es von der Feile nicht angegriffen wird; das graue, das einen viel höhern Schmelzpunkt hat, enthält nur 3—4% Kohle, hat ein körniges Gefüge, ist dünnflüssiger und zum Formengießen tauglicher, als das weiße, und läßt sich mit der Feile bearbeiten. Beide können jedoch in einander übergeführt werden: schmilzt man weißes Roheisen und läßt man der Kohle durch langsames Abkühlen Zeit zur Ausscheidung, so erhält man graues; kühlt man dagegen geschmolzenes graues Roheisen rasch ab und verhindert so die Aus-

scheidung der weiter aufgenommenen Kohle, so erhält man weißes Gußeisen. Das weiße Gußeisen wird vorzüglich zur Bereitung des Stabeisens und zur Stahlfabrikation benutzt. Das Schmiede- oder Stabeisen enthält $1/6$—$1/2$ % Kohle, und wird durch das sogenannte Frischen, entweder auf Frischheerden oder in Flammöfen (Puddelöfen), erhalten, indem man es im geschmolzenem Zustand tüchtig durchknetet, und dann in größern Stücken unter dem Hammer bearbeitet, wobei der größte Theil der Kohle durch den Sauerstoff der Luft entzogen und die Schlacke ausgepreßt wird.

Der Stahl hat wieder etwas mehr, nämlich 1—2 % Kohle; man bereitet ihn theils aus Stabeisen, indem man die Eisenstäbe mit Kohlenpulver umgibt und längere Zeit in der Weißglühhitze erhält oder brennt, wobei die Kohle das Innere der Stäbe durchdringt, oder aus Roheisen, welches man so lange frischt, bis sein Kohlengehalt auf den des Stahls herabgesunken ist; ersterer heißt Brenn- oder Cementstahl, letzterer Schmelz- oder Rohstahl; durch schnelles Abkühlen des glühenden Stahls wird derselbe gehärtet, und zwar wird er um so härter, eine je höhere Temperatur er beim Glühen erreicht hatte; da diese Temperatur leicht aus der Farbe des glühenden Stahls erkannt werden kann, indem seine Oberfläche durch eintretende Oxydation nach einander strohgelb, dunkelgelb, purpurfarben, violett und blau erscheint, so ist es ein Leichtes, jede beliebige Härte zu erzielen. Ein geringer Zusatz von Silber vermehrt ebenfalls die Härte des Stahls (Silberstahl).

Aus den übrigen Verbindungen des Eisens heben wir noch folgende hervor: Eisenvitriol oder schwefelsaures Eisenoxydul, das in der Färberei und zur Darstellung der nordhäuser Schwefelsäure gebraucht wird; das kohlensaure Eisenoxydul, das in den sogenannten Stahlwassern in überschüssiger Kohlensäure gelöst vorkommt; das Blutlaugensalz, eine Doppelverbindung aus Cyaneisen und Cyankalium, das hauptsächlich zur Bereitung des Berliner Blau's, einer Cyanverbindung des Eisens, gebraucht wird; die gerb- und gallussauren Salze, welche als schwarzfärbender Bestandtheil zur Bereitung der Dinte dienen.

Kupfer. Dieses Metall gehört mit dem Eisen zu den zähesten Metallen; an ganz trockener Luft erleidet es keine Veränderung; dagegen überzieht es sich in feuchter Luft mit einer grünen Decke, dem unrichtiger Weise so genannten Grünspan, aus kohlensaurem Kupferoxydhydrat bestehend (der eigentliche Grünspan ist ein essigsaures Kupfersalz), und beim Glühen bildet sich auf seiner Oberfläche braunrothes Kupferoxydul, das mit der Zeit in schwarzes Kupferoxyd übergeht. Das Kupfer findet sich, zuweilen in centnerschweren Stücken, gediegen in der Natur; dennoch wird bei weitem das meiste aus seinen Verbindungen gewonnen, und zwar hauptsächlich aus Kupferkies oder Buntkupfererz (Schwefelkupfer),

Rothkupfererz (Kupferoxydul), Kupferlasur und Malachit (kohlensaures Kupferoxyd). Das Kupfer kann sowohl kalt als erhitzt verarbeitet werden. Beim Gebrauch kupferner Geräthschaften zum Aufbewahren von Speisen ist große Vorsicht und äußerste Reinlichkeit nöthig, da der sogenannte Grünspan, wie auch das Metall selbst — durch eintretende Oxydation — in den Pflanzensäuren löslich ist. Viele Kupferverbindungen werden in der Färberei und Malerei gebraucht, z. B. Bremer Blau (wasserhaltiges Kupferoxyd), Braunschweiger Grün (kohlensaures, wasserhaltiges Kupferoxyd), Scheele'sches Grün (arseniksaures Kupferoxyd), Schweinfurter Grün (Doppelsalz aus arseniksaurem und essigsaurem Oxyd). Alle Kupfersalze sind giftig. — Unter den Legirungen des Kupfers sind erwähnenswerth: Messing, 7 Th. Kupfer und 3 Th. Zink; Tombak, 5—10 Th. Kupfer und 1 Th. Zink; Bronze, aus Kupfer und Zinn bestehend, manchmal auch noch Zink und Blei enthaltend; Kanonenmetall und Glockengut, Kupfer und Zinn in verschiedenen Verhältnissen; Neusilber oder Argentin endlich, 50—55 Th. Kupfer, 25—30 Th. Zink und 18 Th. Nickel.

Quecksilber. Das Quecksilber (Mercurius der Alten) ist ein flüssiges Metall, das durch seine Eigenschaft, sich in der Hitze direkt mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden, aber auch bei einem nur wenig höhern Temperaturgrad wieder von demselben getrennt zu werden, sich zwischen die seitherigen unedlen und die folgenden edlen Metalle als Uebergang stellt. Es kommt in der Natur gediegen, oder mit Silber und mit Schwefel verbunden vor. Zur Gewinnung des reinen Quecksilbers wird jedoch nur die Schwefelverbindung (Zinnober) benutzt. An der Luft verdunstet es schon bei gewöhnlicher Temperatur und geräth beim Erhitzen ins Sieden; sein Gas ist der Gesundheit sehr schädlich. Mit den meisten Metallen bildet es Amalgame — Eisen, Kupfer und geschmiedetes Platin sind hievon ausgenommen —, die in der Hitze wieder zerlegt werden; das Zinnamalgam wird zur Belegung des Spiegelglases gebraucht. Mehrere seiner Verbindungen, namentlich die mit Chlor, werden in der Arzneikunde, andere, wie Zinnober, in der Malerei u. s. w. gebraucht; das reine Metall wird bei physikalischen Versuchen vielfach angewendet.

Silber (Diana der Alten) kommt ziemlich häufig gediegen in der Natur vor, wird aber in größern Massen fast nur aus seinen Erzen, besonders aus Schwefelsilber, das in der Regel den Blei- und Kupfererzen beigemengt ist, gewonnen. Es zeichnet sich durch seine außerordentliche Dehnbarkeit, seine schöne weiße Farbe und seine Politurfähigkeit aus. An der reinen Luft bleibt das Silber ganz unverändert, wohl aber läuft es in Berührung mit schwefelhaltigen Substanzen, wie Eigelb, Stockfisch, Steinkohlendampf u. s. w., schwarz an, indem sich eine dünne Schicht

Schwefelsilber auf der Oberfläche bildet. (Kreide und Branntwein oder Ruß und Essig sind die gewöhnlichsten Reinigungsmittel für diesen Fall). Feinsilber wird nur zum Versilbern, zum Malen, besonders auf Glas und Porzellan, und zur Verfertigung des Blattsilbers benützt; gewöhnlich werden seine Legirungen mit Kupfer wegen ihrer größeren Härte vorgezogen. Unter den Verbindungen des Silbers zeichnet sich durch Innigkeit die mit Chlor aus, die sich daher auch immer bildet, wenn ein Silbersalz mit Chlor oder einer Verbindung desselben, wie Salzsäure, Kochsalz u. s. w., zusammenkommt. Salpetersaures Silberoxyd wird in der Chirurgie unter dem Namen Höllenstein, außerdem zum Färben der Haare und zum Zeichnen der Wäsche (die Schrift kann durch Cyankalium-Lösung wieder entfernt werden) benutzt. Der Gebrauch des Höllensteins zur Heilung von Wunden beruht auf der Bildung unlöslicher Verbindungen einzelner Bestandtheile des Fleisches, welche eine Kruste bilden und dadurch den Zutritt des Sauerstoffs der Luft abhalten; die Anwendung des salpetersauren Silberoxyds als Farbmittel beruht darauf, daß das sich niederschlagende reine Silber unter gleichzeitiger Einwirkung des Lichts eine schwarze Farbe annimmt.

Gold, der Rex Metallorum der Alten, ist das dehnbarste aller Metalle; es läßt sich so dünn ausschlagen, daß seine Dicke nur noch den 25000sten Theil einer Linie beträgt. Es findet sich gediegen, gewöhnlich silberhaltig, in der Natur, und zwar meistens in losen Geröllen, im Sand der Flüsse und andern nicht mehr in ihrer ursprünglichen Lage befindlichen Gesteinen; seine Gewinnung beruht daher auf rein mechanischen Mitteln; um es von allen andern Beimischungen, Silber ausgenommen, zu trennen, wird es in der Regel noch mit Quecksilber zusammengerieben, das Goldamalgam zur Abscheidung des überschüssigen Quecksilbers durch Zwillichbeutel gepreßt und alsdann destillirt, wobei das reine — nur mit Silber etwa noch legirte — Gold in porösem Zustande zurückbleibt. Das Gold ist unter den gewöhnlichen Säuren nur in Königswasser löslich, wobei Chlorgold gebildet wird. Aus dieser Lösung kann dann das reine Gold in pulverförmigem Zustand, wie man es zum Malen auf Glas, Porzellan u. s. w. anwendet, erhalten werden, wenn man ihm durch Zusatz eines anderen Metalls, wie Eisen (gewöhnlich als Eisenvitriol), Kupfer, Zink u. s. w. das Chlor entzieht. Um das Gold wohlfeiler, härter und zugleich leichter schmelzbar zu machen, schmilzt man es mit Kupfer — rothe Legirung (Karatirung), oder mit Silber — weiße, oder mit beiden zugleich — gemischte Legirung — zusammen.

Bei den Kupferlegirungen des Silbers wird der Gehalt an reinem Silber durch die Zahl der Lothe und Gräne (1 Loth = 18 Grän) ausgedrückt, welche in der Mark (= 16 Loth) enthalten sind; 14löthiges Silber enthält also 14 Loth

Silber und 2 Loth Kupfer in 16 Loth Legirung; 16löthiges Silber hat gar keinen Zusatz von Kupfer und heißt daher feines Silber. Beim Gold gibt man den Gehalt an edlem Metall in Karaten und Gränen an (1 Mark = 16 Loth = 24 Karat, 1 Karat = 12 Grän); 14karätiges Gold enthält auf 24 Karat Legirung 14 Karat reines Gold und 10 Karat Zusatz an Kupfer oder Silber oder beidem zugleich. Bei den Münzen heißt der Gehalt an reinem Silber oder Gold Korn, das Gewicht der Münze Schrot.

Die Scheidemünzen erhalten einen bedeutenden Zusatz an Kupfer, um ihnen eine bequeme Größe zu geben. Ihr Nennwerth ist immer größer, als ihr Metallwerth. Der Werth des Silbers verhält sich zu dem des Goldes ungefähr wie 2 zu 31. Da der Werth des letztern fortwährend schwankend ist, so muß beim Wechseln der Goldmünzen in der Regel der Unterschied durch ein Aufgeld (Agio) ausgeglichen werden.

Zusammenstellung einiger Gold- und Silbermünzen mit Angabe ihres Feingehalts:

Oestreich:	Reichsdukaten enthalten . . .	23 Kar. 8 Gr. feines Gold.
	Speciesthaler „ „ . . .	13 Loth 6 Gr. reines Silber.
Preußen:	Friedrichsd'or, alte, enthalten	21 K. 9 G. f. G.
	„ „ neue „ „	21 K. 8 G. f. G.
	Thaler, enthalten	12 L. r. S.
Baiern:	Karolinen, enthalten . . .	18 K. 6 G. f. G. u. 3 K. 8 G. r. S.
	Speciesthaler „ . . .	13 L. 6 G. r. S.
	Kronenthaler „ . . .	13 L. 16 G. r. S.
Sachsen:	Dukaten, alte, enthalten . .	23 K. 8 G. f. G.
	„ neue „ „ . .	23 „ 6 „ „ „
Württemberg:	„ enthalten	23 „ 8 „ „ „
	Kronenthaler, enthalten . .	13 L. 16 G. r. S.
	Guldenstücke „ „ . . .	12 L. r. S.
England:	Goldmünzen „ „ . . .	22 K. f. G.
	Silbermünzen „ „ . . .	14 L. 14²/₅ G. r. S.
Frankreich:	40 und 20 Fr. Stücke, enth. .	21 K. 7¹/₅ G. f. G.
	5 Fr. Stücke, enthalten . .	14 L. 7¹/₅ G. r. S.
Schweiz:	Dukaten, die meisten enthalten	23 K. 6 G. f. G.
	Silbergeld (neues, nach dem franz. Münzfuß) . .	14 L. 7¹/₅ G. r. S.
Holland:	Dukaten, ältere, enthalten .	23 K. 7 G. f. G.
	„ neuere „ „ .	23 K. 6³/₈ — 6³/₄ G. f. G.
Rußland:	Imperialen, enthalten . .	22 K. f. G.
	Rubel, enthalten	13 L. 16 G. r. S.
Nordamerika:	Eagles (Adler) zu 10 Doll., enth.	22 K. f. G.
	Dollars, enthalten	14 L. 5 G. r. S.

Platin wird in unreinen Körnern im Sande des Ural und in Südamerika gefunden und ausgewaschen. Die Beimischungen sind Eisen,

Kupfer und Silber, nebst fünf steten Begleitern (Rhodium, Osmium, Iridium, Paladium und Ruthenium), die bis jetzt in keiner andern Verbindung, und auch hier nur in sehr geringer Menge, gefunden worden sind. Die Ausscheidung des Platins aus diesen Gemengen geschieht ebenfalls durch Königswasser. Das reine Platin ist im stärksten Ofenfeuer unschmelzbar und wird weder von der Luft, noch von Säuren angegriffen. Seiner Unschmelzbarkeit wegen wird es zu Tiegeln und ähnlichen Geräthschaften in den chemischen Laboratorien, und im porösen Zustand, als Platinmohr oder Schwamm, bei Zündmaschinen u. dergl. gebraucht.

Organische Stoffe.

Die Apparate im lebenden Körper, welche die Bestimmung haben, chemische Veränderungen hervorzubringen, nennen wir **Organe.** Wir haben schon früher Gelegenheit genommen zu bemerken, daß die Produkte dieser Werkstätten, die organischen Stoffe, sich dadurch auszeichnen, daß sie, obgleich der Hauptsache nach nur aus Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff bestehend, sehr verwickelter Natur seien, daß sie namentlich fast durchweg zusammengesetzte Radikale enthalten, und, mit Ausnahme einiger weniger, nicht künstlich dargestellt werden können. Ob es den Chemikern noch gelingen wird, diejenigen Bedingungen aufzufinden, unter denen sich diese Verbindungen bilden, oder ob die Annahme einer hypothetischen Kraft, der Lebenskraft, als Vermittlerin dieser Art chemischer Prozesse, gerechtfertigt sei: darüber läßt sich zur Zeit noch nicht entscheiden.

Die Anzahl der in einem zusammengesetzten Radikal enthaltenen einfachen Grundstoffe wechselt zwischen zwei, drei und vier; dabei sind die Zahlen der Mischungsgewichte derselben in der Regel sehr groß; je mehr jedoch Atome des einfachen Stoffs zu einem Atom des zusammengesetzten gehören, desto geschwächter ist die Affinität, und desto unbeständiger ist dieser. Oft haben mehrere Radikale von sehr verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften ganz gleiche chemische Zusammensetzung, d. h. die Zahlen der in denselben enthaltenen Atome einfacher Grundstoffe sind entweder identisch oder doch gleiche Vielfache von einander. Die häufigsten Verbindungen der organischen Radikale sind die mit Sauerstoff, Schwefel, Chlor, Jod u. s. w. Organische und unorganische Säuren und Basen können sich wechselseitig mit einander verbinden, und nehmen alsdann in der Regel den Charakter unorganischer Salze an.

Manche organische Verbindungen können ohne Zersetzung verflüchtigt werden; bei vermehrter Erhitzung aber werden alle zerlegt und in ein-

fachere Verbindungen übergeführt, wobei stets etwas Kohle als Rückstand bleibt. An der Luft oder mit gewissen Oxyden, wie Eisenoxyd, Kupferoxyd &c., erhitzt, werden alle organische Verbindungen in Kohlensäure und Wasser verwandelt, der Stickstoff verflüchtigt sich in der Regel als solcher, und es bleibt kein Rückstand von Kohle zurück. Kein organischer Körper jedoch enthält so viel Sauerstoff, daß sein Kohlen- und Wasserstoff dadurch vollständig oxydirt, d. h. in Kohlensäure und Wasser verwandelt werden könnte. Die wenigsten organischen Radikale lassen sich isoliren, da bei ihrer Ausscheidung gar zu leicht Umstände herbeigeführt werden, welche ihre gänzliche Zersetzung veranlassen. Die Zahl derselben ist sehr groß, und es ist bis jetzt nicht gelungen, allgemeinere Stützpunkte zu einer systematischen chemischen Eintheilung derselben aufzufinden.

Es liegt weder in unserm Zweck, noch würde es uns der Raum gestatten, auch nur die interessantesten organischen Radikale aufzuzählen; wir beschränken uns daher darauf, einige der im praktischen Leben gebrauchtesten Stoffe und am häufigsten vorkommenden Prozesse nach einander zu betrachten:

Zellensubstanz. Alle Theile des Pflanzenkörpers bestehen aus an einander gelagerten Bläschen und kleinen Schläuchen von verschiedener Größe und Gestalt, die man *Zellen* nennt. Die Zellen enthalten theils den Lebenssaft, in welchem verschiedene Stoffe aufgelöst sind, theils sind sie leer und trocken, nur mit Luft gefüllt. Die Wände dieser Zellen bestehen in allen Pflanzen, mit Ausnahme der Pilze und Flechten, aus demselben chemischen Stoff, der sogenannten *Zellensubstanz*. Diese ist in den gewöhnlichen Auflösungsmitteln (Wasser, Alkohol, Aether, verdünnte Säuren &c.) unlöslich, bildet mit Salpetersäure die sogenannte *Schießfaser* (anfänglich als Schießbaumwolle bekannt), und verbindet sich mit concentrirter Schwefelsäure zu einem flüssigen Körper, aus welchem die Schwefelsäure durch Kreide leicht sich wieder abscheiden läßt, wobei *Dextrin* zurückbleibt, das bei längerer Einwirkung in *Zucker* übergeht. Die Fasern des Flachses, des Hanfs, der Baumwolle u. s. w. sind nichts anders als dichte Zellensubstanz. Lagern sich aus dem Safte der Zellen allmälig gewisse feste Bestandtheile — *Holzsubstanz* — an den Zellenwandungen ab, so werden diese fester und massiger, und es bildet sich so die eigentliche Holzfaser.

Holzfaser. Diese bildet das Skelett der holzigen Bestandtheile aller Gewächse, und wird erhalten, indem man diesen durch Behandlung mit Alkalien, Alkohol, Wasser &c. alle übrigen Bestandtheile entzieht. Sie selbst ist in den gewöhnlichen Auflösungsmitteln unlöslich, verhält sich aber nicht so indifferent gegenüber manchen Pflanzenstoffen, Metalloxyden und Farbstoffen. Namentlich zeigt sie eine ziemlich starke Affinität zur Thonerde

(Alaun) und zu andern sich ähnlich verhaltenden, als Beizmittel gebrauchten Metalloxyden, namentlich zu Eisenoxyd, Zinnoxyd rc.

Das frischgefällte Holz enthält Luft, Wasser, Gummi, Zucker, Harz und Lösungen von verschiedenen Salzen. Entzieht man dem Holz die Luft, so sinkt es im Wasser unter, weil es für sich allein beinahe 1½mal so schwer ist, als dieses; liegt daher Holz längere Zeit im Wasser, so verdrängt das eindringende Wasser die Luft, und das Holz fällt zu Boden. Der Wassergehalt des frischgefällten Holzes wechselt zwischen 30 und 50%; an der Luft wohl getrocknetes Holz enthält immerhin noch 15 — 20% Wasser. Dieser Wassergehalt vermindert seine Heizkraft, indem ein Theil der beim Verbrennen erzeugten Wärme auf die Verdampfung des Wassers verwendet wird. Bei gleichem Grad der Trockenheit haben verschiedene Hölzer um so mehr Heizkraft, je schwerer, d. h. je dichter sie sind.

Glüht oder verkohlt man Holz im verschlossenen Raum, ohne allen Luftzutritt, so wird vorherrschend Essigsäure und Theer (Brandöle, Brandharze u. s. w.) gebildet und ungefähr 23% (vom Gewicht des angewandten Holzes) Kohle bleibt in sehr porösem Zustand zurück. Gestattet man dagegen bei der Verkohlung einen beschränkten Luftzutritt, so erhält man 24% dichtere, schwerere Kohle, da in diesem Fall der Wasserstoff des Holzes sich mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft verbindet und als Wasser entweicht, während er im ersten Fall mit einem Theil Kohlenstoff Leucht- oder Grubengas bildet. Die erste Art der Verkohlung, die meistens in steinernen Oefen vorgenommen wird, wendet man da an, wo es sich hauptsächlich um die Gewinnung der sich entwickelnden Dämpfe und Gase handelt; bei der zweiten Art, der Verkohlung in Meilern, ist der Hauptzweck die Gewinnung einer guten Kohle, wobei man die flüchtigen Produkte in die Luft ausströmen läßt.

Wenn gewöhnliches Holz dem Einfluß der Luft und der Feuchtigkeit ausgesetzt ist, so zersetzt es sich bald, nicht etwa, weil die Holzfaser selbst von jenen direkt angegriffen würde, sondern weil dasselbe fremde, namentlich stickstoffhaltige Substanzen enthält, die sich an feuchter Luft zersetzen, faulen, und die Fäulniß durch Ansteckung auch auf die Holzfaser übertragen. Soll daher Holz gegen Fäulniß geschützt und dauerhaft gemacht werden, so müssen jene stickstoffhaltigen Verbindungen entweder entfernt oder unschädlich gemacht werden, was dadurch geschieht, daß man sie entweder in Wasser löst — Auswaschen oder Dämpfen des Holzes —, oder aber in neue unlösliche, weniger leicht zersetzbare Verbindungen überführt, zu welch' letzterem Zweck hauptsächlich Theer, Kochsalz, Gerbstoff, Eisenoxyd, Kupferoxyd, Thonerde u. s. w. gebraucht werden.

Das Bleichen der Leinwand und des Baumwollenzeugs hat den Zweck, nach geschehener Reinigung des Gewebes von der Schlichte und

andern beim Weben hinzugekommenen Unreinigkeiten, die mit der Flachs-, Hanf- und Baumwollenfaser verbundenen, gefärbten, harzartigen Substanzen — Pigmente — zu zerstören, was sowohl bei der Rasen-, als bei der Chlorbleiche durch Oxydation geschieht, und zwar dort durch den Sauerstoff der Luft unter Einfluß des Sonnenlichts, und hier durch den bei der Zersetzung des Wassers durch das Chlor (wobei sich Chlorwasserstoff oder Salzsäure bildet) freiwerdenden Sauerstoff. In beiden Fällen muß das Gewebe feucht sein.

Stärke. Die Stärke oder das Satzmehl bildet sich nur im Pflanzenkörper, findet sich aber in den verschiedensten Theilen desselben in den Zellen abgelagert. Je nach den Pflanzen, aus denen sie gewonnen wird, zeigen ihre einzelnen Körnchen, unter dem Mikroskop betrachtet, verschiedene Gestalt (eckig, rundlich, linsenförmig u. s. w.) und Größe; ihr Durchmesser wechselt zwischen 2 und 180 Tausendsteln eines Millimeters. (Wir fügen in folgender Zeichnung einige Formen im vergrößerten Maßstabe bei.)



1. Stärkekörnchen der Kartoffel.
2. " " des Arrowroot's.
3. " " des Mais.
4. " " der Keimblätter der Bohne.
5. Stärkekörnchen der Hirse.
6. " " des Sago's.
7. " " des Getreides.
8. " " von Orchis bifolia.

Gewöhnlich wird sie aus den Kartoffeln, aus dem Weizen, aus dem Marke gewisser Palmen (Sago) und aus den Wurzeln einiger westindischer Pflanzen (Arrowroot) dargestellt.

In kaltem Wasser wird die Stärke nicht verändert, dagegen schwellen die einzelnen Körnchen, mit Wasser von 70 — 100° angerührt, bedeutend auf, blättern sich ab, da sie meistens aus übereinander liegenden Schaalen bestehen, und bilden eine schleimige Masse, den Kleister. Wenn Stärkmehl mit verdünnten Säuren, besonders Schwefelsäure, erwärmt wird, so verwandelt es sich in Stärkegummi oder Dextrin, und später in Stärkezucker. Dasselbe bewirkt die sogenannte Diastase, ein im isolirten Zustande noch nicht bekannter, als erstes Zersetzungsprodukt des keimenden Getreides sich bildender, fermentartiger Stoff.

Die Stärke wird gebraucht zum Schlichten der Weberketten, zum Steifen der Wäsche, zum Appretiren der Leinwand und des Baumwollenzeugs, statt des Gummi's als Verdickungsmittel in der Färberei, statt des Leims in der Papierfabrikation, in der Bäckerei, als Weinverbesserungsmittel und zur Fabrikation des Dextrins und des Stärkezuckers. In chemischen Laboratorien wird sie außerdem zur Entdeckung des Jods angewendet, mit dem sie, schon bei den kleinsten Spuren dieses Metalloids, eine stark blau gefärbte Verbindung bildet.

Dextrin oder Stärkegummi, das, wie bereits angeführt, aus dem Stärkmehl durch Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure oder mit Diastase gewonnen wird, ist ein gummiartiger Körper, der sich von der Stärke hauptsächlich durch seine Löslichkeit in kaltem Wasser und durch sein Verhalten gegen Jod, mit dem er eine weinrothe Verbindung bildet, unterscheidet. Durch Einwirkung der Diastase oder durch Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure geht es in Stärkezucker über, weßhalb bei seiner Fabrikation aus Stärkmehl vorsichtig zu Werke gegangen werden muß. Es wird wegen der größern Wohlfeilheit zu manchen Zwecken statt des arabischen Gummi's, als Mundleim, zum Appretiren verschiedener Gewebe, in der Seide-, Wollen- und Baumwollen-Druckerei u. s. w. gebraucht.

Zucker. Unter Zucker versteht man eine süße Substanz, die sich im Pflanzen- und Thierkörper (im letztern theils im Blut und in der Leber, theils als Harnzucker in krankhaftem Menschenharn bei der Harnruhr) findet und der geistigen Gährung (s. nächste S.) fähig ist. Von den verschiedenen Arten des Zuckers, welche man unterscheidet, haben nur zwei allgemein praktisches Interesse: der Krümel- und der gewöhnliche oder Rohrzucker. Der erstere — als Trauben-, Frucht-, Stärke-, Honig- und Harnzucker unterschieden — findet sich im Honig und im süßen Saft der Weintrauben, Feigen, Pflaumen und anderer Früchte, kann aber auch künstlich aus Stärkmehl oder Holzfaser, durch Behandlung mit Schwefelsäure, dargestellt werden. Er ist weit weniger süß, als der Rohrzucker (5 Th. des erstern geben dem Wasser die gleiche Süßigkeit, wie 2 Th. des letztern) und wirkt wegen seiner Schwerlöslichkeit sehr langsam. Der Rohrzucker, der durch seinen Gebrauch ungleich wichtigere, wird aus dem süßen Saft des Zuckerrohrs, des Maises, des Zuckerahorns (in Nordamerika) und mancher Rübenarten, besonders der Runkelrübe, bereitet. Mit Kalk, Bleioxyd, Kochsalz u. s. w. geht er Verbindungen ein, wird durch Salpetersäure und concentrirte Schwefelsäure zersetzt, dagegen durch verdünnte Schwefelsäure und durch organische Säuren allmälig in Krümelzucker verwandelt.

Setzt man zu einer Auflösung von Krümelzucker (Rohrzucker würde vorher in diesen umgewandelt) in mehr als dem 4fachen Gewicht Wasser

Hefe (Ferment), eine stickstoffhaltige, in der Zersetzung begriffene Substanz, so veranlaßt diese eine Zersetzung des Zuckers in Kohlensäure und Alkohol — geistige Gährung —, vorausgesetzt, daß die Temperatur 25 bis 30° nicht übersteige, da bei einer höhern Temperatur unter gleichzeitiger Einwirkung der Luft sogleich eine andere Art der Zersetzung, die saure Gährung, eintritt.

In allen süßen Pflanzensäften finden sich solche stickstoffhaltige Substanzen, die durch die Einwirkung der Luft oder durch Berührung mit schon gebildetem Ferment selbst auch zum Ferment werden; daher braucht bei diesen der Zersetzungsprozeß nur eingeleitet zu werden; es bildet sich alsdann von selbst so viel neues Ferment, als nöthig ist, um die Zersetzung des Zuckers zu unterhalten; ja es bleibt in der Regel nach vollendetem Prozeß noch ein Ueberschuß an Ferment übrig, da schon 1 bis 1¼ Prozent vom Gewicht des Zuckers hinreicht, um die Zersetzung dieses zu bewerkstelligen; wenn die Flüssigkeit übrigens zu wenig Hefe hat, so bleibt ein Theil des Zuckers unzersetzt zurück.

Zellensubstanz, Stärke und Dextrin geben einen auffallenden Beleg zu unserer frühern Behauptung, daß manche organische Verbindungen bei verschiedenen chemischen Eigenschaften ganz identische Zusammensetzung haben können. Alle drei bestehen nämlich aus 12 G.Th. Kohle, 10 G.Th. Wasserstoff und 10 G.Th. Sauerstoff. Rohrzucker besteht sodann aus 12 Kohle, 11 Wasserstoff und 11 Sauerstoff oder 12 Kohle, 10 Wasserstoff, 10 Sauerstoff und 1 Wasser, und Krümelzucker endlich aus 12 Kohle, 12 Wasserstoff, 12 Sauerstoff, oder 12 Kohle, 10 Wasserstoff, 10 Sauerstoff und 2 Wasser.

Alkohol oder Weingeist, das Hauptprodukt der geistigen Gährung, ist eine sehr dünnflüssige, farblose, angenehm riechende Flüssigkeit, die, wenn sie entzündet wird, mit blasser Flamme brennt und dabei Kohlensäure und Wasser bildet. Er hat einen brennenden Geschmack, wirkt aber tödtlich, wenn er unvermischt genossen wird. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, ihn durch Kälte in den festen Zustand überzuführen. Der Alkohol zieht begierig Wasser aus der Luft an; im wässerigen, verdünnten Zustand kommt er als Branntwein — im Mittel 40 bis 44% Alkoholgehalt — und als Spiritus — mit durchschnittlich 80 bis 85% Alkohol — in den Handel. Der absolute, wasserfreie Alkohol wird aus dem wasserhaltigen dargestellt, indem man diesen entweder mit Kalkhydrat oder mit frischgeschmolzenem Chlorcalcium destillirt. Sein chemisches Verhalten hat darauf geführt, ihn als das Hydrat eines Oxyds, des Aethers, zu betrachten, dessen Radikal, das Aethyl, aus 4 Kohle und 8 Wasserstoff besteht; sonach bestände der Aether (Aethyloxyd) aus 4 Kohle, 5 Wasserstoff und 1 Sauerstoff, und der reine Alkohol oder

das Aethyloxydhydrat aus 4 Kohle, 6 Wasserstoff und 2 Sauerstoff oder 4 Kohle, 5 Wasserstoff, 1 Sauerstoff und 1 Wasser. Dieses Wasser kann ihm entzogen und also reiner Aether dargestellt werden, wenn man ihn unter Beobachtung gewisser Regeln mit Schwefelsäure destillirt. Der Aether (auch Schwefeläther genannt) wird in der Arzneikunde vielfach angewendet; ziemlich bekannt ist seine Lösung in rektifizirtem Weingeist, die sogenannten Hoffmann'schen Tropfen. Verschiedene oxydirende Substanzen zersetzen den Alkohol, indem sie Sauerstoff an ihn abgeben und die Bildung höher oxydirter Körper veranlassen, unter denen als höchste organische Oxydationsstufe die Essigsäure oben ansteht.

Außer dem bereits genannten Branntwein gibt es hauptsächlich noch zwei alkoholhaltige Flüssigkeiten, die wir als Getränke gebrauchen, nämlich Wein und Bier. Betrachten wir das Wesen und die Bereitungsart dieser drei einflußreichen Flüssigkeiten, die nur zu häufig über das Wohl und Wehe nicht allein einzelner Individuen, sondern ganzer Familien, ja ganzer Völker entscheiden, etwas näher.

Wein. Der Saft der Weintrauben enthält außer Wasser, Gummi, weinsaurem Kali, freier Weinsäure u. s. w. hauptsächlich Krümelzucker, dessen Menge, wie überhaupt das Mengenverhältniß aller dieser Stoffe, von der Rebensorte, von der Reife der Trauben, vom Boden, Klima u. s. w. abhängt. Der Farbstoff der rothen Trauben und die den herben Geschmack der rothen Weine verursachende Gerbsäure sind vorzüglich in der Haut der Beeren enthalten. Sobald die Beere zerdrückt, oder auch nur geritzt ist, fängt die geistige Gährung an, und zwar um so früher, je weniger Zuckerstoff darin enthalten ist; das Ferment liefert das ebenfalls im Traubensaft enthaltene Pflanzenalbumin. Ueberschuß an freier Säure kann durch Kreide- oder Kalkpulver niedergeschlagen werden. Der raschern Gährung in den Kufen folgt die langsamere, aber häufig sehr lang anhaltende Nachgährung in den Fässern, wobei sich außer überschüssigem Ferment hauptsächlich doppeltweinsaures Kali, wegen seiner geringen Löslichkeit in Alkohol, in fester, krystallisirter Form, der sogenannte Weinstein, absetzt, und zugleich verschiedene Aetherarten gebildet werden, die der Trinker so gerne als Blume oder Bouquet begrüßt. Da durch Einwirkung des Sauerstoffs der Luft die saure Gährung veranlaßt wird, so hat man Sorge zu tragen, daß die Fässer immer voll erhalten und durch Nachgießen das ersetzt wird, was durch Verdunsten des Wassers durch die Poren des Holzes an Volumen verloren geht. Eine andere Gefahr erwächst dem Wein aus den stickstoffhaltigen, eiweißartigen Substanzen, die im Holz der Fässer enthalten sind, und welche fermentartig die saure Gährung im Wein bewirken können. Um sie unschädlich zu machen, schwefelt man die Fässer, d. h. man bildet durch

Verbrennung von Schwefel schwefelige Säure, welche mit jenen Stoffen sich verbindet, und sie fesselt. Diese schwefelige Säure verbindet sich überdieß mit dem Sauerstoff der im Wein enthaltenen Luft und verhindert auch hier die Einleitung der sauren Gährung.

Bier. Bei der Keimung des Getreides bildet sich, wie weiter oben schon bemerkt worden ist, die sogenannte Diastase, welche die Eigenschaft hat, ähnlich einem Ferment die Verwandlung der Stärke in Krümelzucker zu bewirken. Da nun das Getreide zwar viel Stärke, aber wenig Zucker hat, so muß, wenn aus demselben ein geistiges Getränk bereitet werden soll, zuerst auf die Bildung von Zucker hingearbeitet werden. Dieß geschieht in der Bierbrauerei durch das Malzen der Gerste oder des Weizens, der am gewöhnlichsten dazu angewandten Getreidearten, wobei das Keimen der Körner eingeleitet, aber in einem Zeitpunkt wieder abgebrochen wird, wo sie ihren Maximumsgehalt an Zucker erreicht haben, der bei fortgehender Keimung allmälig wieder aufgezehrt wird. Damit der Gehalt des Malzes vollständig ausgezogen werden könne, wird dasselbe entweder geschrotet oder durch Walzen zerdrückt; alsdann wird es mit warmem Wasser (Anfangs von 60°, später von 70 bis 75°) übergossen oder eingemaischt, wobei durch die Einwirkung der Diastase die Zersetzung der Stärke in Dextrin und Krümelzucker bewirkt wird. Hat die Maische den gehörigen Süßigkeitsgrad erreicht, so wird sie filtrirt und die so erhaltene Würze hierauf mit Hopfen eingekocht, theils um sie concentrirter zu erhalten, theils um das Bier durch das in den Hopfen enthaltene ätherische Oel vor der sauren Gährung zu bewahren und ihm eine angenehme Bitterkeit zu geben. Nun kommt die abgekühlte Würze, mit Hefe vermischt, in die Gährungskufen, wo ein Theil des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure verwandelt wird, ein anderer unzersetzt bleibt, die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Gebräues aber oxydirt und, durch die Oxydation unlöslich geworden, entweder mit der Kohlensäure nach oben gerissen werden (Oberhefe), oder in der Flüssigkeit untersinken (Unterhefe). In den Fässern unterliegt das Bier noch einer Nachgährung, deren Hefe, da jene stets voll erhalten werden, durch das Spundloch abfließt.

Branntwein. Der Branntwein wird durch Abdestilliren einer alkoholhaltigen Flüssigkeit erhalten, wobei der flüchtigere Alkohol in größerer Menge übergeht, als das beigemischte Wasser. Die alkoholhaltige Flüssigkeit erhält man, wie bei Wein und Bier, durch Gährung stärke- oder zuckerhaltiger Substanzen: gewöhnlich aus Getreide oder Kartoffel, dann auch auch Kirschen (Kirschwasser) und Weintrestern, in Frankreich aus Wein (Cognac), in Ost- und Westindien aus Zuckersaft (Rum) oder aus Reis (Arrak), in der Tartarei aus Pferds- und Kameelsmilch (Kumiß) u. s. w. Getreide und Kartoffel werden, ähnlich wie bei der Bierbrauerei, zuerst zerquetscht

oder gemahlen, dann mit Gerstenmalz vermischt (eingemaischt), um die Bildung des Zuckers zu veranlassen, und endlich die gehörig süße Maische mit Wasser abgekühlt, mit Hefe vermischt, und der Gährung überlassen. Um das bei der Gährung der Getreide- und Kartoffelmaische sich bildende und bei der Destillation derselben mit dem Alkohol übergehende, übelriechende, flüchtige Fuselöl zu entfernen, werden entweder schon die Dämpfe über Kohle geleitet, oder die erhaltene Flüssigkeit mit frisch ausgeglühtem Kohlenpulver vermischt, und nach einiger Zeit abgelassen und nochmals umdestillirt.

Wein, Bier und Branntwein sind nach dem Bisherigen nichts Anderes, als verdünnter Alkohol mit mehr oder weniger beträchtlichen Zusätzen an sonstigen Pflanzenstoffen, Oelen, Salzen u. s. w. Der Branntwein ist am reichsten an Alkohol, er enthält ungefähr 40 % desselben, während der stärkste Wein, der Portwein, dem vor der Gährung noch Cognac zugesetzt wird, nur 20 %, guter Rheinwein 10 %, Champagner 5 % und Bier nur 2—6 % Alkohol enthält. Der Alkohol, der, wie wir schon früher erwähnt haben, im reinen Zustand genossen tödtlich wirkt, zeigt auch im verdünnten Zustand als Wein, Bier und Branntwein, bei übermäßigem Genuß, jene Wirkung, nur in der mildern Form der Betäubung; bei mäßigem Genuß dagegen übernimmt der in dieser Form aufgenommene Alkohol im Lebensprozesse ganz dieselbe Rolle, wie die übrigen stickstofffreien Körper, d. h. der in ihm enthaltene Kohlenstoff dient zur Unterhaltung des Respirationsprozesses und damit zur Erhaltung des dem lebenden Körper nöthigen Wärmegrads und zur Verwandlung des in den Körper aufgenommenen, freien Sauerstoffs in chemisch gebundenen; der Alkohol zersetzt sich bei diesen Prozessen in Kohlensäure und Wasser. Der in beschränktem Maß in Wein oder Bier genossene Alkohol verschwindet im Körper ganz und es hat sich durch Versuche bestätigt, daß weder im Harn noch in der ausgeathmeten Luft nachweisbare Spuren von Alkohol enthalten sind. Ist aber im Verhältniß zu der durch die Respiration aufgenommenen Sauerstoffmenge zu viel Alkohol im Körper vorhanden, so werden außer Kohlensäure auch noch niedrigere Oxydationsstufen, wie z. B. Essigsäure, gebildet. An sonstigen nährenden Bestandtheilen enthält der Branntwein so gut als nichts, der Wein geringe Mengen von Zucker, Extraktivstoff u. s. w.; das Bier dagegen hat einen so reichen Gehalt an Zucker, Gummi, Pflanzenschleim und ähnlichen Stoffen, daß durch dasselbe ein Theil der gewöhnlichen, festen Nahrungsmittel ersetzt wird. *)

---

*) Liebig in München erzählt, daß in einer englischen Familie beobachtet worden sei, daß von dem Tage an, wo in Folge des Beitritts zum Mäßigkeits-

Essig. In Berührung mit dem Sauerstoff der Luft, unter Mitwirkung eines Ferments und bei einer Temperatur von ungefähr 20—30° geht der Alkohol in die saure Gährung über, d. h. er oxydirt sich (nimmt 4 G.Th. Sauerstoff auf) und bildet Essig. Der Alkohol muß dabei mit Wasser verdünnt sein; am günstigsten ist ein Gehalt von 8—10% Alkohol. Es ist demnach natürlich, daß nicht allein alle alkoholhaltigen Flüssigkeiten, sondern auch alle der geistigen Gährung fähigen Stoffe zur Essigbereitung gebraucht werden können. Als Ferment dienen alle Körper, die viel Sauerstoff absorbiren, wie die sogenannte Essigmutter, Sauerteig, Platinmohr u. s. w.

Der gewöhnliche Essig ist mit Wasser verdünnte Essigsäure; der Essigsäuregehalt desselben beträgt 5—10%. Je nach dem Material, aus dem derselbe gewonnen wird, unterscheidet man Wein-, Bier-, Branntwein-, Holzessig u. s. w. Bei der Schnellessigfabrikation gießt man die alkoholhaltige Flüssigkeit über Substanzen aus, die der Luft eine große Oberfläche darbieten, wie namentlich Hobelspäne, und neuerdings Kohle. Der Holzessig wird durch trockene Destillation des Holzes (s. oben), gewöhnlich in eisernen Cylindern, erhalten. Der in den Handel gebrachte ist reicher an Essigsäure, als der gewöhnliche Essig aus Wein ꝛc., und muß daher beim Gebrauch zu Speisen noch verdünnt werden. Der rohe Holzessig wird in der Kattundruckerei, zur Darstellung verschiedener essigsaurer Salze u. s. w. gebraucht.

Die **Fette** sind in gewöhnlicher Temperatur entweder flüssig — Oele, oder schmierig — Schmalz, oder weich — Butter, oder hart — Talg. Alle Fette sind schmelzbar, fühlen sich schlüpfrig an, geben auf Papier bleibende, durchscheinende Flecken und lassen sich durch Berühren mit Feuer an ihrer Oberfläche nicht entzünden. Durch Erhitzung mit starken Basen in Gegenwart von Wasser werden sie zersetzt, und es bilden sich fette Säuren und eine Base. Diese letztere, das Glycerin, löst sich im Wasser, während die Fettsäuren mit den bei dem Zersetzungsprozeß gebrauchten Basen Verbindungen eingehen, die wir unter dem Namen Seifen kennen. Die wichtigsten dieser Säuren sind: die Margarinsäure, die Talg- oder Stearinsäure und die Oelsäure. Das margarinsaure Glycerin oder das Margarin bildet den Hauptheil der weichen Fette — Pferde-, Gänse-, Menschenschmalz ꝛc.; das stearinsaure Glycerin oder das Stearin die Hauptmasse der schwerer schmelzbaren Talg-

verein das Gesinde kein Bier mehr bekam, der Brodverbrauch in entsprechendem Verhältnisse zugenommen habe, und auf diese Weise die Herrschaft gezwungen gewesen sei, das Bier zweimal zu bezahlen, das eine Mal durch direkte Geldentschädigung und das andere Mal indirekt durch vermehrten Brodverbrauch.

arten, wie namentlich des Hammeltalgs, und das ölsaure Glycerin oder das Olein endlich macht den Hauptbestandtheil der flüssigen Fette oder fetten Oele aus.

Es ist schon früher erwähnt worden, daß die Seifen der Alkalien, d. h. ihre Verbindungen mit Fettsäuren, in Wasser löslich, die der übrigen Basen dagegen unlöslich sind. Die Stearinsäure bildet, besonders mit Natron, harte, die Oelsäure, vorzugsweise mit Kali, weiche Seifen, sogenannte Schmierseifen. — Die verschiedenen Arten der in der Chirurgie gebrauchten Pflaster bestehen in der Hauptsache aus ölsaurem Bleioxyd. (Englisches Pflaster ist Taffet, der auf der einen Seite mit Leim bestrichen ist.)

Die meisten fetten Oele sind im reinen Zustand luftbeständig; wenn sie aber mit gewissen an der Luft zersetzbaren Substanzen gemengt sind, so trägt sich die Zersetzung dieser durch Ansteckung auch auf sie über, und sie werden alsdann ranzig. Alle Fette nehmen Sauerstoff aus der Luft auf; dabei trocknen manche derselben — trocknende Fette — zu harzartigen Massen ein, z. B. Leinöl, Hanföl, Mohnöl, Sonnenblumen- und Traubenkernöl, Thran; andere, z. B. Baumöl, Repsöl, Mandelöl, Gänse- und Schweineschmalz, Rinder- und Hammeltalg, trocknen nicht — nicht trocknende Fette. Die trocknenden Oele werden in der Oelmalerei, zu Firnissen 2c., die nichttrocknenden vorzugsweise zum Brennen und Verspeisen gebraucht.

Außerdem gibt es noch flüchtige Oele, die namentlich im Pflanzenreich sehr verbreitet sind, und theils durch Destillation, theils durch einfaches Auspressen erhalten werden. Die meisten sind bei gewöhnlicher Temperatur flüssig; zwischen den Fingern gerieben fühlen sie sich etwas rauh an; die Flecken, welche sie auf Papier hervorbringen, sind ebenfalls durchscheinend, verschwinden aber beim Erwärmen wieder; an ihrer Oberfläche mit Feuer berührt, entzünden sie sich und brennen mit stark rußender Flamme. Allgemein bekannt sind das Terpentinöl, welches aus frischem Harz bereitet wird, das Lavendel-, Rosmarin-, Anis-, Bergamott- und Rosenöl; zu den festen flüchtigen Oelen gehört der Kampher, der aus dem Holze des Kampherbaums gewonnen wird.

4) Schwerkraft.

Halten wir einen Stein, ein Stück Metall 2c. in der Hand, so empfinden wir einen Druck, der unsere Hand nach unten zieht; löst sich ein Apfel vom Zweig, so fällt er senkrecht herab und trifft den Boden oft mit ziemlicher Gewalt; werfen wir einen Stein in die Höhe, so sehen wir ihn, nachdem er nur kurze Zeit gestiegen ist, den Rückweg antreten und

ebenfalls zur Erde niederfallen. — Die Kraft, welche diese Erscheinungen hervorruft, heißt Schwerkraft, allgemeine Anziehung, Gravitation. Ihre Wirkung beschränkt sich nicht, wie bei den seither betrachteten Kräften, auf unmeßbar kleine Entfernungen, sondern sie erstreckt sich auf jede Weite; die Schwerkraft ist also eine fernwirkende Kraft. Sie wirkt in der Weise, daß jedes Atom eines Körpers jedes Atom eines andern anzieht; die Größe dieser Anziehung ist überdieß gänzlich unabhängig von der physikalischen Natur, nicht aber von der Masse und Entfernung der Körper, indem sie sich direkt wie die Masse des anziehenden Körpers und umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung der Körper verhält.

Die Wirkungen der Gravitation, welche der Erdkörper auf die an seiner Oberfläche befindlichen Gegenstände ausübt, sehen und fühlen wir jeden Augenblick; weniger vertraut sind wir dagegen mit den Thatsachen, welche beweisen, daß auch kleinere Körper diese Art der Anziehung auf einander ausüben, und gleichwohl ist sie aller und jeder Materie — vom kleinsten Stäubchen bis zum größten Weltkörper — eigen. Bringen wir zwei auf einem ruhigen Wasserspiegel schwimmende Kugeln einander etwas näher, und überlassen sie dann sich selbst, so werden wir sie bald eine anfangs langsame, nach und nach aber immer schleunigere Bewegung gegen einander annehmen sehen, bis sie sich ganz berühren; ebenso ist durch Versuch nachgewiesen, daß Thürme, große Felsen und Berge frei in ihrer Nähe aufgehängte Körper so stark anziehen, daß die Richtung des Aufhängefadens um einen meßbaren Winkel von der senkrechten abweicht (die Vignette am Anfange dieses Buchs stellt einen solchen Versuch dar).

Die Gravitation ist also Gemeingut aller irdischen und himmlischen Körper; dieselbe Ursache, welche macht, daß ein Regentropfen zur Erde fällt und daß ein Stäubchen sich auf den Boden niedersetzt, zwingt auch die im Weltraum schweifenden Körper, einander zu folgen, so daß die Monde um ihre Planeten, die Planeten um ihre Sonnen, und diese endlich um noch gewaltigere Weltkörper kreisen, in bestimmten Entfernungen und genau vorgeschriebenen Bahnen.

Betrachten wir zunächst die Wirkungen der Schwerkraft, welche wir in unserer nächsten Nähe, an der Oberfläche der Erde, beobachten, ehe wir uns zu denen erheben, die sich in den Bewegungen der Himmelskörper zu erkennen geben.

Mit Hülfe der Mathematik kann nachgewiesen werden, daß die Anziehung, welche eine homogene, d. h. gleichförmig mit Masse erfüllte Kugel, auf einen außer ihr liegenden materiellen Punkt ausübt, genau so groß ist, als wenn die Gesammtmasse der Kugel in ihrem Mittelpunkt vereinigt wäre. Dadurch vereinfachen sich die folgenden Betrachtungen bedeutend,

sofern wir uns stets die ganze Masse des Erdballs in seinem Mittelpunkt concentrirt und die Summe der Anziehung aller seiner Theile als von diesem ausgehend vorstellen. Eben deßwegen ist auch die Schwerkraft an allen Punkten der Erde gegen deren Mittelpunkt gerichtet, wie wir bei jedem frei herabfallenden oder an einem Faden aufgehängten Körper erkennen können; wir heißen diese Richtung senkrecht oder vertikal.

Vom Gewicht der Körper.

Jeder Körper übt auf seine Unterlage einen Druck aus, gleich der Summe aller Anziehungen, welche seine einzelnen Moleküle durch die Schwere erleiden. Diesen Druck nennt man das Gewicht des Körpers. Zur Bestimmung des Gewichts bedient man sich der Wage, eines Instruments, das wir im 2. Buch näher beschreiben werden. Als Einheit dient ein willkürlich gewähltes Gewicht, das von Land zu Land wechselt.

Auch bei Gewichtsbestimmungen geben wir der französischen Einrichtung aus den gleichen Gründen, wie bei den Längenmaßen, den Vorzug, und werden uns daher bei wichtigeren Angaben in der Regel derselben bedienen.

Die Einheit bildet hier das Gramm, d. i. das Gewicht des Kubikcentimeters reinen Wassers im Zustand der größten Dichtigkeit (+ 4⁰).

1/10	Gramm	heißt	Decigramm.
1/100	„	„	Centigramm.
1/1000	„	„	Milligramm.
10	Gramme	= 1	Dekagramm.
100	„	= 1	Hektogramm.
1000	„	= 1	Kilogramm.
10000	„	= 1	Myriagramm.

Vergleichung einiger deutscher Gewichte mit dem französischen:

Ein Pfund Handelsgewicht

in Oesterreich	ist	=	560,012	Gr.
„ Preußen	„	=	467,711	„
„ Bayern	„	=	560	„
„ Hannover	„	=	467,711	„
„ Sachsen	„	=	500	„
„ Württemberg	„	=	467,7	„
„ Baden	„	=	500	„

Beim bürgerlichen Gewicht rechnet man in Deutschland nach Centnern, Pfunden, Lothen u. s. w. 1 Centner = 100 Pfund, 1 Pfund = 2 Mark oder = 32 Loth, 1 Loth = 4 Quent und 1 Quent = 4½ Gran. Beim Apotheker-Gewicht ist das Pfund = 24 Loth oder 12 Unzen, 1 Unze = 8 Drachmen, 1 Drachme = 3 Scrupel, 1 Scrupel = 20 Gran.

Da die Erde keine vollkommene Kugel, sondern an ihren Polen ab-

geplattet ist (der Durchmesser am Aequator ist um ungefähr 6 Meilen größer als der zwischen den beiden Polen), so muß die Schwere, nach dem oben angeführten Anziehungsgesetz, nach welchem ihre Stärke mit dem Quadrat der Entfernung im umgekehrten Verhältniß steht, — also z. B. bei der doppelten Entfernung viermal geringer ist, als bei der einfachen — nothwendig auf die am Pol befindlichen Körper stärker wirken, als auf die am Aequator, welche um einen größeren Halbmesser vom Erdmittelpunkt abstehen, als jene. Hiezu kommt noch, daß die Körper am Aequator wegen des größeren Kreises, den sie bei der Achsendrehung der Erde beschreiben, ein größeres Bestreben (Centrifugalkraft, s. Mechanik fester Körper) haben, sich von der Oberfläche der Erde zu entfernen, als in den höhern Breitegraden, wo sie kleinere Kreise beschreiben. Diese beiden Ursachen machen, daß die Körper um so leichter sind, je näher dem Aequator, und um so schwerer, je näher den Polen sie sich befinden. Ein und derselbe Körper würde also, vom Aequator gegen einen der Pole hin getragen, an Gewicht fortwährend zunehmen. — Es leuchtet von selbst ein, daß diese Veränderung des Gewichts durch unsere gewöhnlichen Wagen nicht nachgewiesen werden kann, da auch die beim Abwägen gebrauchten Gewichte zu gleicher Zeit an Schwere ab- oder zunehmen; dagegen muß dieselbe durch Federwagen und ähnliche Instrumente sicher angezeigt werden (s. auch Pendel). — Diese Gewichtsverschiedenheit beträgt zwischen Aequator und Pol ungefähr ½ Pfund auf den Centner, so daß also eine am Pol gewogene Last von 100 Pfund, am Aequator nur noch 99½ Pfund betragen würde. Auf den dazwischenliegenden Breitegraden ist der Unterschied verhältnißmäßig geringer.

Eine ähnliche Verschiedenheit in der Intensität der Schwere und also auch im Gewicht findet bei Körpern statt, welche sich in verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche befinden. Auf einem hohen Berge ist nämlich ein und derselbe Körper leichter, als im Thal; jedoch ist der Gewichtsunterschied auch für unsere bedeutendsten Erhebungen immerhin so unbedeutend, daß er nur durch äußerst empfindliche Instrumente nachgewiesen werden könnte.

Dagegen würden wir nicht wenig überrascht werden, wenn wir uns mit irgend einer Last in eine beträchtliche Tiefe in's Innere der Erde versenkten, und sich uns statt einer Gewichtsvermehrung — wegen der größern Nähe des Erdmittelpunkts — dem seither angewandten Gesetz zum Trotz ebenfalls eine Gewichtsverminderung zeigte. Bei näherer Beleuchtung wird übrigens die Sache ganz klar: je näher wir nämlich im Innern der Erde dem Mittelpunkt derselben kommen, einen um so beträchtlicheren Abschnitt der Erdkugel lassen wir hinter uns zurück; dieser zieht durch seine Schwerkraft unsere Last nach oben, wirkt somit derjenigen

entgegen, welche dieselbe gegen den Erdmittelpunkt zieht und vermindert daher das Gewicht des Körpers. Wäre es möglich, bis zum Erdmittelpunkt hinabzusteigen, so würde die Last ihr Gewicht ganz verlieren, da dort die Anziehung nach allen Seiten gleich stark wirkt. *)

Das Gewicht, von dem seither die Rede war, und das wir mittelst unserer gewöhnlichen Wagen bestimmen, heißen wir das absolute Gewicht. Nehmen wir aber beim Wägen der Körper zugleich Rücksicht auf ihr Volumen, indem wir die Gewichte mehrerer Körper von gleichem Volumen mit einander vergleichen, so erhalten wir das specifische Gewicht derselben. In der Regel vergleicht man alle Körper mit dem Wasser im Zustand seiner größten Dichtigkeit (bei + 4°); das spezifische Gewicht eines Körpers ist somit die Zahl, welche angibt, wie vielmal derselbe, bei gleichem Volumen, schwerer ist, als Wasser. Das spezifische Gewicht des Silbers ist 10½; dieß heißt also so viel, als: ein Kubikfuß Silber wiegt 10½ mal so viel, als ein Kubikfuß Wasser, ein Kubikzoll Silber 10½ mal so viel als ein Kubikzoll Wasser u. s. w.

Die spezifischen Gewichte der folgenden häufiger vorkommenden Körper sind:

Platin, gehämmert	21,31	Sandstein	2,50
Gold, gehämmert	19,36	Elfenbein	1,92
" gegossen	19,26	Ebenholz	1,23
Quecksilber	13,57	Buchsbaumholz	1,03
Blei	11,35	Eichenholz (Kern)	1,17
Silber	10,51	Buchenholz	0,78
Kupfer	8,88	Lindenholz	0,60
Stahl	7,80	Pappelholz	0,38
Eisen, geschmiedet	7,79	Korkholz	0,24
" gegossen	7,25	Blut, im menschl. Körper	1,05
Zinn	7,30	Milch	1,03
Zink	7,21	Meerwasser	1,03
Glas	2,50	Leinöl	0,94
Kalkstein	2,70	Baumöl	0,92
Gyps	2,30		

Bei den Gasen nimmt man die atmosphärische Luft zur Einheit. Kohlensäure z. B. hat ein spez. Gew. von 1,52, d. h. sie ist 1½mal so schwer

*) Durch Rechnung kann nachgewiesen werden, daß die Anziehung einer gleichartigen massiven Kugel auf einen Punkt in ihrem Innern dem Abstand dieses Punktes vom Mittelpunkt der Kugel direkt proportional ist, woraus sich obige Erscheinung ebenfalls ganz einfach erklärt.

als die atmosphärische Luft. Diese ist bei der Temperatur von 0° ungefähr 800mal leichter als das Wasser.

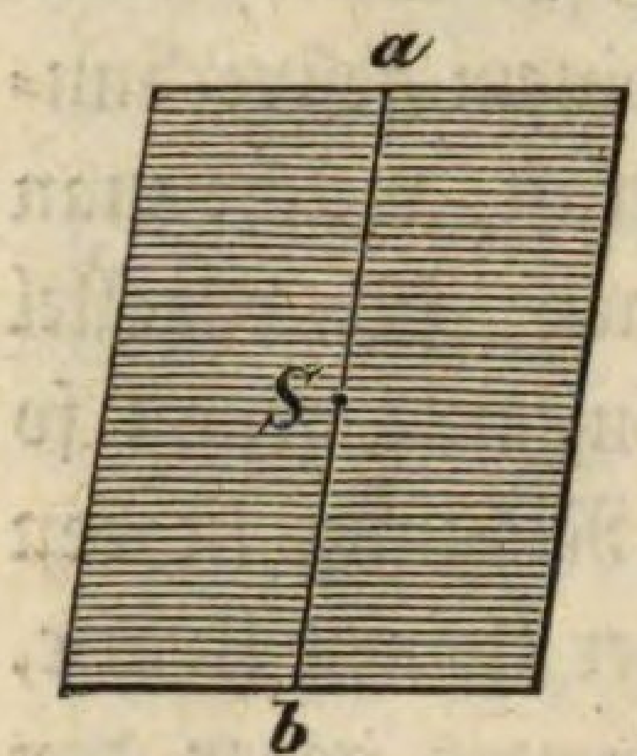
Schwerpunkt und Stabilität.

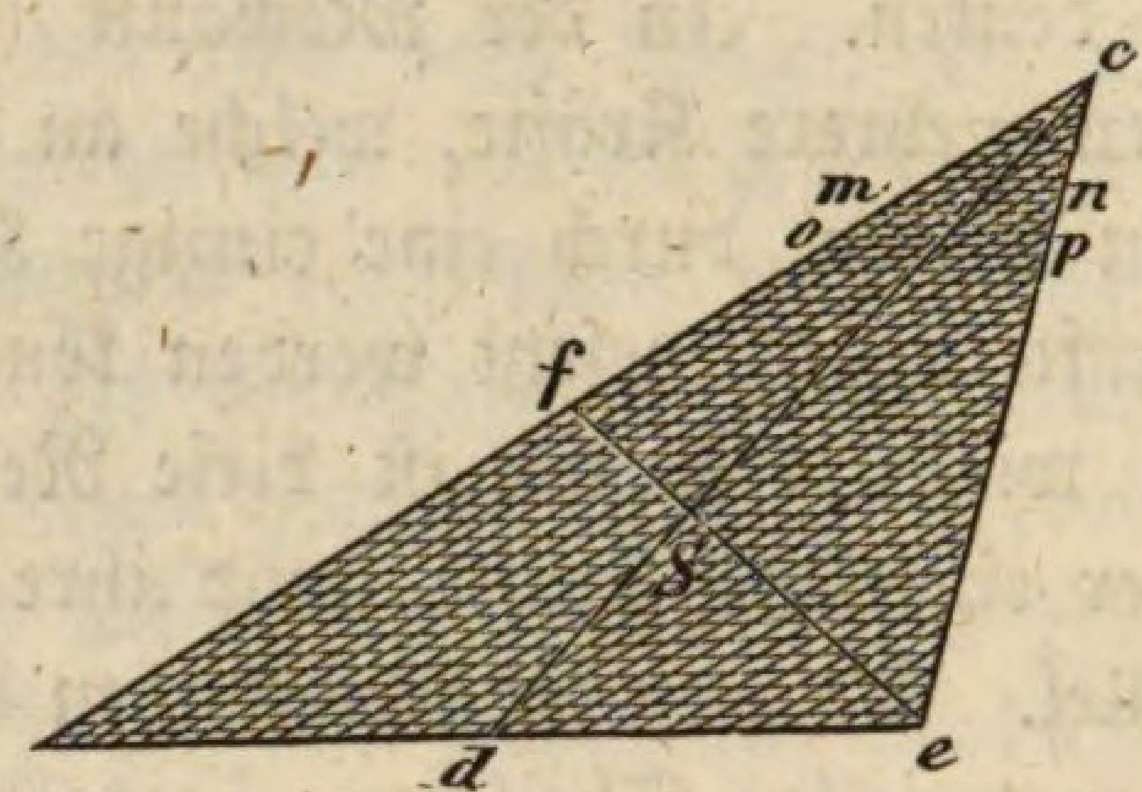
Wie wir uns oben die Schwerkraft der Erde als in ihrem Mittelpunkt concentrirt gedacht haben, so läßt sich auch das Gewicht eines Körpers in Einem Punkt vereinigt denken. In der Mechanik (s. 2. Buch) wird gezeigt, wie im Allgemeinen mehrere Kräfte, welche an einem festverbundenen System von Punkten wirken, durch eine einzige Kraft, welche man die Resultante jener Kräfte nennt, ersetzt werden können; für parallel und nach einer Seite hin wirkende Kräfte ist diese Resultante genau so groß, wie die Summe der einzelnen Kräfte, und ihre Richtung ist den Richtungen derselben parallel. Da nun die Richtungen der kleinen Kräfte, von welchen die einzelnen materiellen Theilchen eines Körpers gegen den Mittelpunkt der Erde gezogen werden, ohne merklichen Fehler als parallel angenommen werden können (wegen der geringen Ausdehnung der hier in Betracht kommenden Körper im Verhältniß zum Erdhalbmesser), so wird auch die Resultante dieser Kräfte gleich ihrer Summe, d. h. gleich der Summe der Gewichte aller einzelnen Theilchen des Körpers sein; ihre Richtung wird ebenfalls nach dem Mittelpunkt der Erde gehen, und sie wird an einem gewissen mittlern Punkt angreifen, den wir den Schwerpunkt des Körpers nennen. Es ist dieß, um uns zur Veranschaulichung eines Bildes zu bedienen, ungefähr dasselbe, als wenn mehrere Pferde, die, um eine größere Masse in Bewegung zu setzen, an verschiedenen Punkten derselben angespannt sind, durch eine einzige, größere bewegende Kraft, etwa eine Lokomotive, die an einem Punkt zieht, ersetzt würden.

Um den Schwerpunkt eines Körpers zu bestimmen, kann man zweierlei Wege einschlagen, den mathematischen oder den empirischen, d. h. den Weg des Versuchs. Ersterer ist genauer, kann aber mit Vortheil nur bei regelmäßig gestalteten Körpern angewendet werden; letzterer liefert zwar kein so genaues Resultat, führt aber bei den meisten, noch so ungestalteten Körpern — wenn nur deren Gewicht eine gewisse Grenze nicht überschreitet — leichter zum Ziel.

Bei der mathematischen Bestimmung geht man davon aus, daß der Schwerpunkt einer schweren, oder als schwer gedachten Linie nothwendig in deren Halbirungspunkt fällt, da wegen der gleichförmigen Vertheilung des Gewichts zu beiden Seiten desselben (die ganze schwere Linie kann man sich als aus einer unendlich großen Anzahl gleich schwerer Punkte, die paarweise links und rechts und in gleichen Abständen vom Halbirungspunkt sich befinden, bestehend denken) kein Grund vorhanden ist, warum er eher auf der einen, als auf der andern Seite liegen sollte.

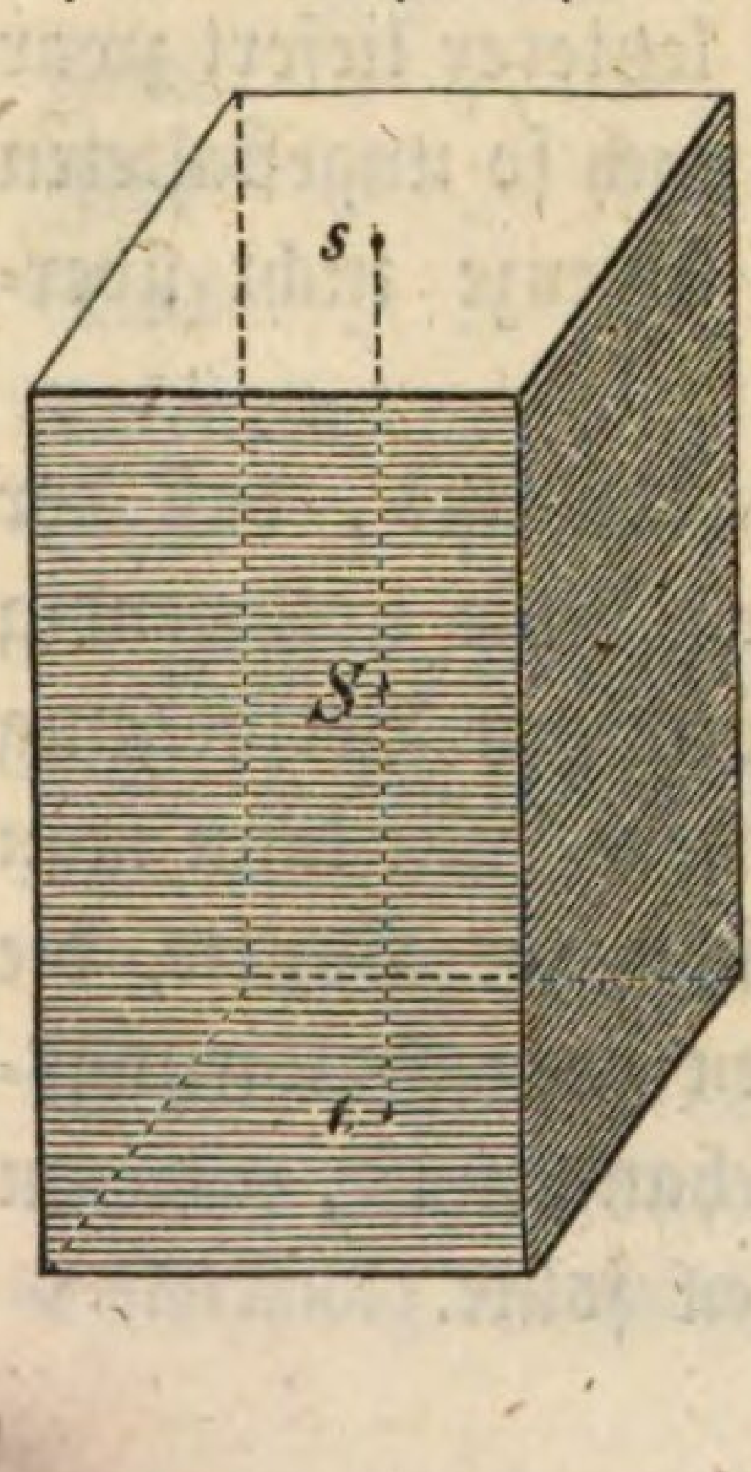
Mit Hülfe dieses Satzes findet man den Schwerpunkt einer schweren Fläche, indem man sich dieselbe aus lauter parallelen, schweren Linien bestehend denkt, die Gewichte dieser in ihre Halbirungspunkte verlegt, und so das ganze Gewicht der Fläche in einer, aus der Reihe aller jener Halbirungspunkte bestehenden *Schwerlinie* vereinigt denkt. Auf dieser Schwerlinie ist das Gewicht der Fläche entweder gleichförmig vertheilt, wie bei der Schwerlinie a b des beigedruckten Parallelogramms, oder es haben die einzelnen Punkte derselben verschiedenes, mit der Länge und zugleich Schwere der Flächenelemente (m n, o p) veränderliches Gewicht, wie bei den Schwerlinien c d und e f des angefügten Dreiecks.

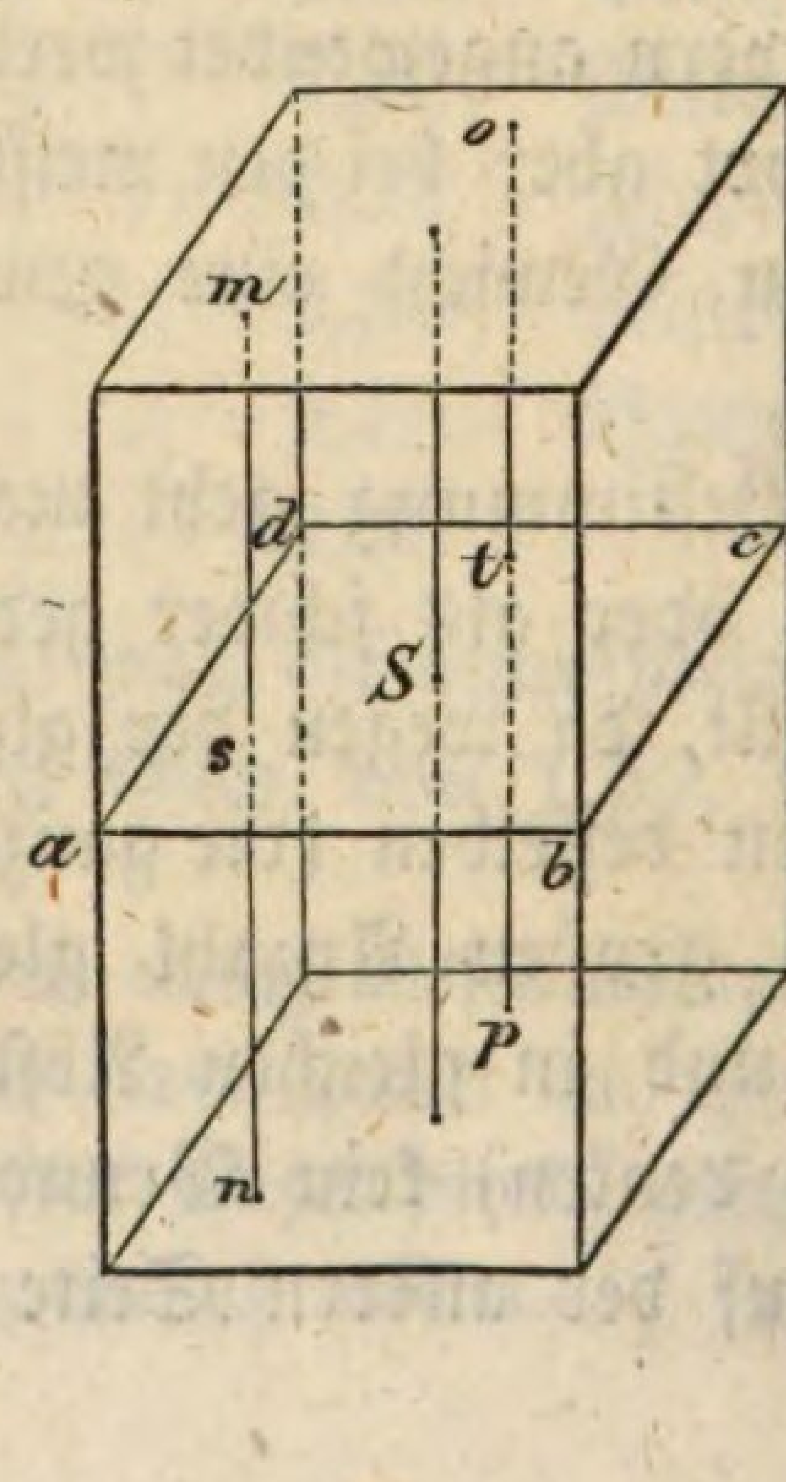




Im ersten Fall ist nach dem obigen Satz der Schwerpunkt der Fläche in der Mitte der Schwerlinie; im zweiten Fall findet man ihn am einfachsten dadurch, daß man zwei solcher Schwerlinien bestimmt, deren Durchschnittspunkt zugleich der Schwerpunkt der ganzen Fläche sein muß, da dieser nothwendig auf beiden Schwerlinien zugleich liegt.

Körper endlich, deren Schwerpunkt bestimmt werden soll, denkt man sich durch parallel geführte Schnitte in unendlich dünne Scheiben zerschnitten, bestimmt die Schwerpunkte dieser, indem man sie als schwere Flächen betrachtet, und erhält so wiederum in der Reihe dieser schweren Punkte eine Schwerlinie, deren Schwerpunkt zugleich der Schwerpunkt des Körpers ist. Oft kommt man leichter zum Ziel, wenn man den Körper als aus lauter schweren Linien bestehend betrachtet, deren sämmtliche Schwerpunkte auf einer Fläche — *Schwerfläche* — liegen, die in ihrem Schwerpunkt zugleich den des Körpers liefert. Bei dem hier verzeichneten Prisma z. B. findet man den Schwerpunkt, indem man sich dasselbe entweder parallel mit der Grundfläche in unendlich dünne Elemente zerschnitten, oder als aus einem Büschel von unendlich vielen schweren Linien, wie z. B. m n, o p ꝛc. bestehend denkt. Dort liegt der Schwerpunkt auf der Mitte der Schwerlinie s t,

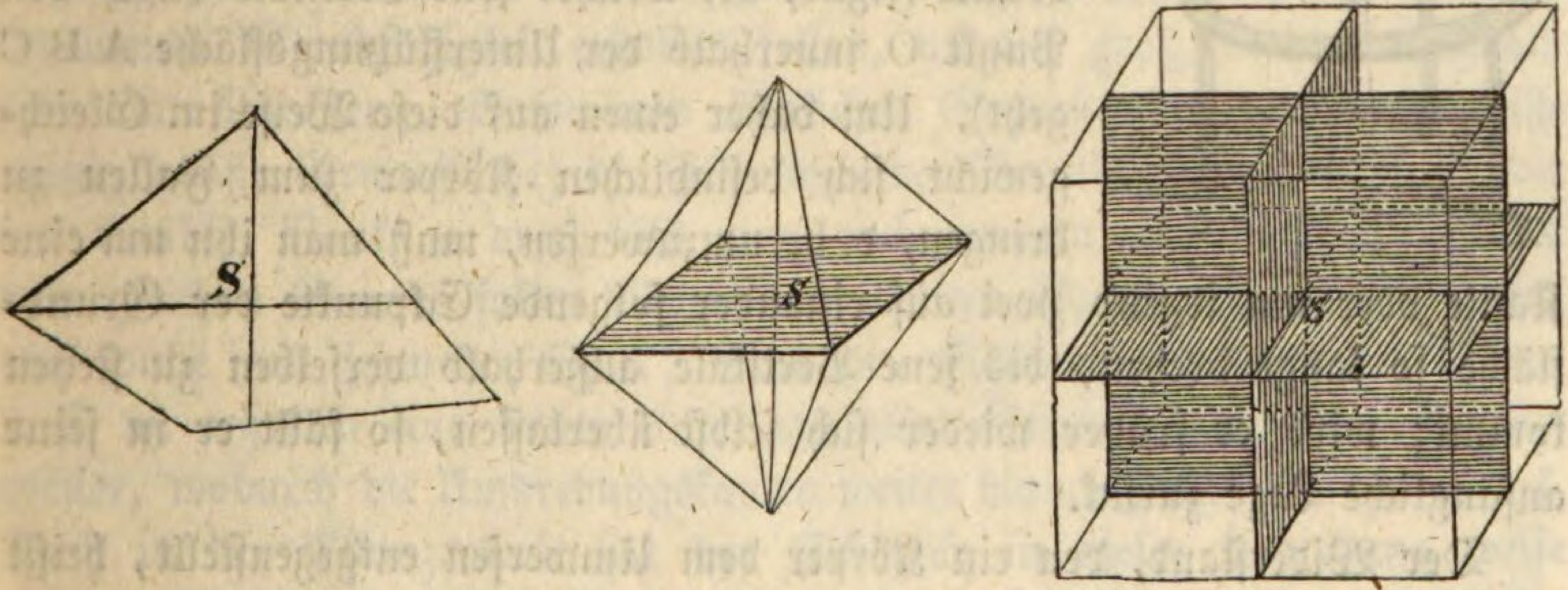




welche die Schwerpunkte der sämmtlichen, über einander liegenden, dünnen Schichten enthält; hier in dem Schwerpunkt der Fläche a b c d, welche durch die Summe der Schwerpunkte (s, t ꝛc.) der einzelnen schweren Linien (m n, o p ꝛc.) gebildet wird. Es ist hier natürlich vorausgesetzt, daß die Masse in diesen Körpern ganz gleichförmig vertheilt sei, d. h. daß diese überall gleiche Dichtigkeit habe; wo dieß nicht der Fall ist, kann nur dann die mathematische Methode angewendet werden, wenn der Vertheilung der Masse wenigstens ein bestimmtes Gesetz zu Grunde liegt.

Bei der empirischen Methode sucht man die schon genannten Schwerflächen, welche zur Auffindung des Schwerpunkts führen, dadurch zu erhalten, daß man die Körper in verschiedenen Lagen auf einer scharfen Kante, z. B. einer Messerschneide, ins Gleichgewicht bringt; die durch die scharfe Kante gehenden Vertikalebenen enthalten alsdann aus Gründen, die sich aus den Betrachtungen über die Stabilität leicht entnehmen lassen, nothwendig den Schwerpunkt, und schneiden daher jedesmal den Körper selbst nach einer Schwerebene. Zur Bestimmung von Schwerlinien dagegen hängt man den Körper in verschiedenen Lagen auf; die Verlängerung der Aufhängeschnur geht alsdann ebenfalls durch den Schwerpunkt, und durchdringt den Körper nach einer Schwerlinie.

Um auf diese Weise den Schwerpunkt eines Körpers zu erhalten, hat man im Allgemeinen nöthig: zwei Schwerlinien, oder eine Schwerebene und eine sie durchdringende Schwerlinie, oder drei Schwerebenen. Diese 3 Fälle sind in den hier beigefügten Figuren dargestellt.

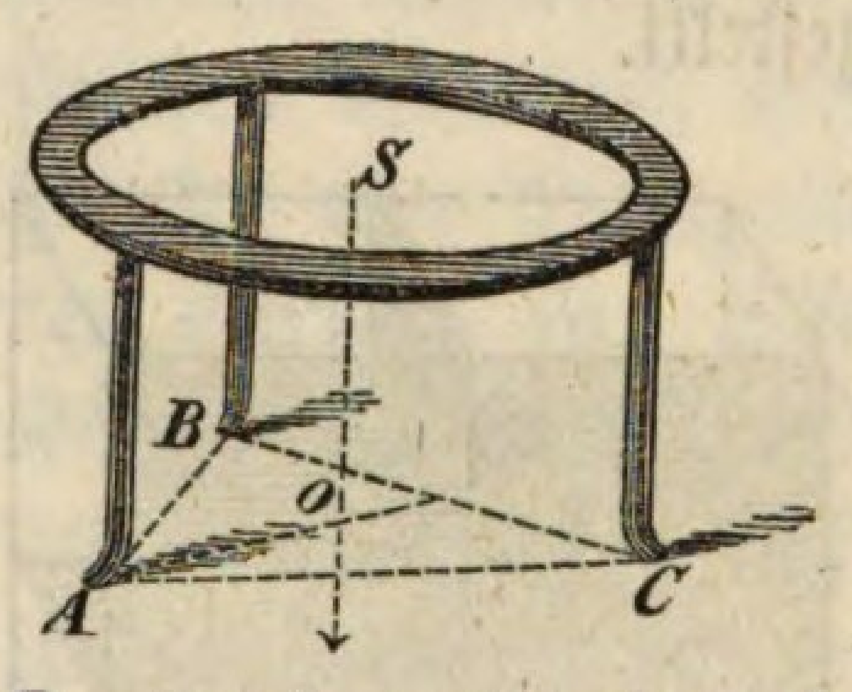


Nicht immer liegt der Schwerpunkt im Körper selbst, sondern er fällt häufig außerhalb desselben in den freien Raum, wie z. B. bei wulstartigen Körpern, Ringen, gekrümmten Drähten ꝛc.

Einige Resultate: Der Schwerpunkt eines Parallelogramms liegt im Mittelpunkt; beim Dreieck am Ende des ersten Drittels (von der betreffenden Seite aus) der von der Mitte einer Seite nach der gegenüberliegenden Spitze des Dreiecks gezogenen geraden Linie; beim Kreis und bei allen

regelmäßigen Figuren im Mittelpunkt; beim Prisma und Cylinder in der Mitte der Axe; bei der Pyramide am Ende des ersten Viertels (von der Grundfläche aus gerechnet) der vom Schwerpunkt der Grundfläche nach der Spitze der Pyramide gezogenen geraden Linie; beim Kegel demnach auf dem ersten Viertel der Axe; bei der hohlen und bei der massiven Kugel im Mittelpunkt.

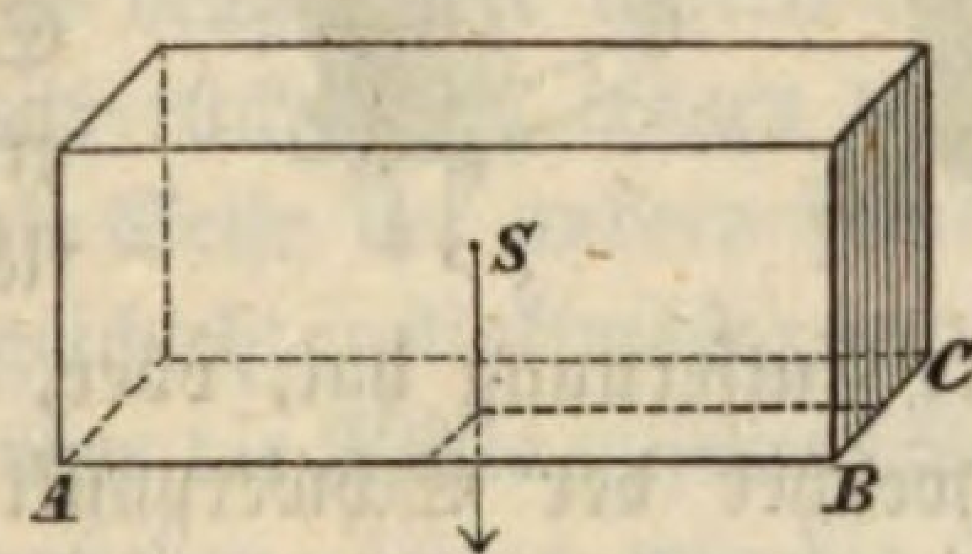
Wenn nach dem Obigen das ganze Gewicht eines Körpers als im Schwerpunkt vereinigt, die übrigen Theile desselben aber dabei als unschwer oder gewichtlos betrachtet werden können, so folgt von selbst daraus, daß ein Körper so lange nicht fällt, als sein Schwerpunkt unterstützt, oder eine durch den Schwerpunkt gehende, dem Gewicht des Körpers gleiche, und der Schwere direkt entgegenwirkende Kraft angebracht ist, wie beim Aufhängen des Körpers; umgekehrt aber schließen wir auch, daß ein Körper fallen muß, wenn sein Schwerpunkt nicht unterstützt ist. Statt eines einzigen stützenden Punkts kann auch eine stützende Fläche (Unterlage, Grundfläche), und statt dieser wiederum nur ihr festaufliegender Umfang oder Rand, wie bei einem umgestürzten Glase, oder endlich können auch die Ecken der Unterstützungsfläche, wie beim Dreifuß, bei Tischen, Stühlen u. s. w. als Unterstützung dienen. In allen diesen Fällen aber ist nöthig, wenn der Gegenstand vor dem Fallen geschützt, oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, im Gleichgewicht sein soll, daß die durch den Schwerpunkt des unterstützten Körpers gehende Vertikale die Unterstützungsfläche innerhalb ihrer Grenzen durchdringe (s. die beigedruckte Figur, bei welcher jene Vertikale durch den Punkt O innerhalb der Unterstützungsfläche A B C geht). Um daher einen auf diese Weise im Gleichgewicht sich befindlichen Körper zum Fallen zu bringen, d. h. umzuwerfen, muß man ihn um eine Kante oder um irgend zwei auf einander folgende Eckpunkte der Grundfläche so lange drehen, bis jene Vertikale außerhalb derselben zu stehen kommt; wird er früher wieder sich selbst überlassen, so fällt er in seine anfängliche Lage zurück.

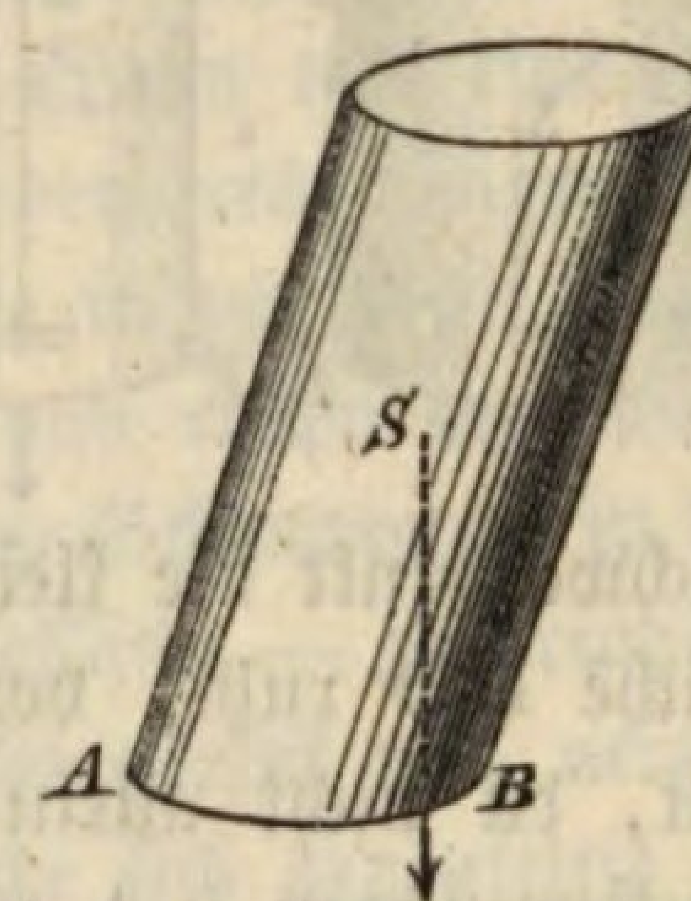


Der Widerstand, den ein Körper dem Umwerfen entgegenstellt, heißt seine Standfähigkeit oder Stabilität. Um die Bedingungen aufzufinden, auf denen die Größe des Widerstandes beruht, erinnern wir uns zunächst, daß ein Körper um so leichter umgeworfen werden kann, je geringer sein Gewicht ist. Jedermann weiß, daß eine geringere Kraft erfordert wird, um eine hölzerne Säule umzustürzen, als eine steinerne oder eiserne von derselben Gestalt und Größe; daß eine leere Flasche leichter umfällt als eine volle, ein leerer Wagen leichter, als ein mit Menschen oder Waaren beladener; hieraus ziehen wir den Schluß:

Ein Körper hat unter sonst gleichen Verhältnissen eine um so größere Stabilität, je größer sein **Gewicht** ist.

Wenn wir sodann die Erfahrung machen, daß ein Holzklotz oder ein Quaderstein von der hier verzeichneten Form leichter fortgewälzt werden kann, wenn man ihn um die Kante A B, als wenn man ihn um B C dreht; oder daß ein schiefstehender Cylinder, wie der hier beigedruckte, leichter auf die Seite des Punkts B, als auf die des Punkts A fällt, so können wir über den Grund dieser Verschiedenheit nicht lange im Zweifel sein; vielmehr müssen wir leicht erkennen, daß sie auf der verschiedenen Entfernung der durch den Schwerpunkt gehenden Vertikale von der Umdrehungskante beruht. Wir müssen in dieser Beziehung den Grundsatz aufstellen:

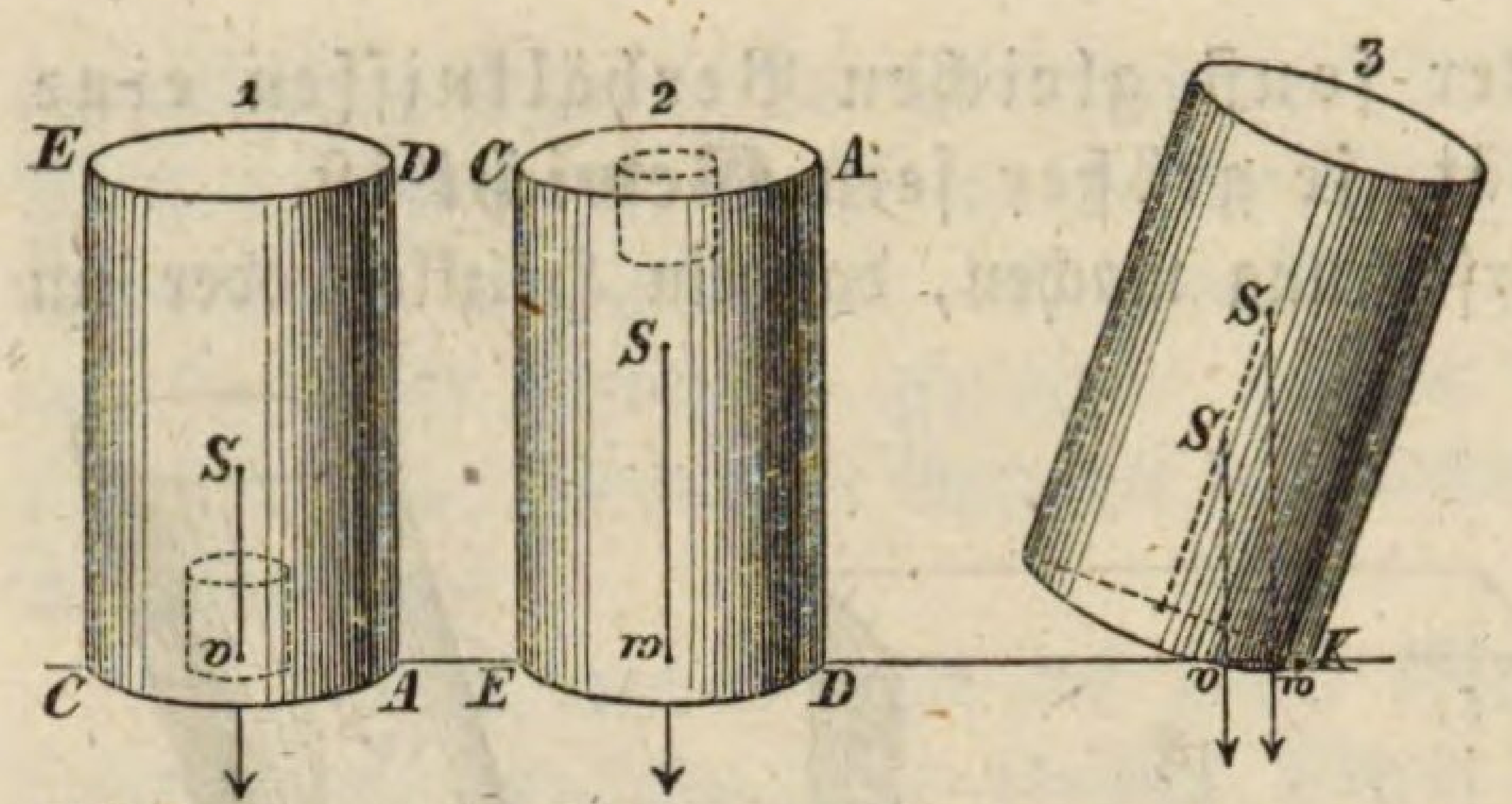




Die Stabilität eines Körpers ist um so größer, je weiter die durch den Schwerpunkt gehende Vertikallinie von dem Punkt oder der Kante entfernt ist, um welche die Drehung erfolgen soll.

In der Regel hängt diese Entfernung von der Größe der Unterstützungsfläche überhaupt ab, weßhalb man letztere bei Körpern, die eine bedeutende Standfähigkeit erhalten sollen, möglich groß macht. Deßhalb gibt man Leuchtern, Vasen und ähnlichen Gegenständen eine verhältnißmäßig große Grundfläche; die Füße mancher Geräthschaften, wie z. B. die der Stühle, Bänke u. drgl. läßt man nach unten auseinander gehen; aus dem gleichen Grunde fallen Wagen mit breiter Spurweite weniger leicht, als solche mit schmaler Spur; Mauern, Säulen, aufgerichtete Balken u. s. w. erhalten eine breite Unterlage oder Strebemauern und Strebepfeiler, wodurch die Umdrehungskanten weiter hinausgerückt werden u. s. f. Auch in der Pflanzenwelt hat der Schöpfer in dieser Beziehung weise gesorgt, indem er großen Bäumen, die Wind und Sturm einen beträchtlichen Widerstand entgegenstellen müssen, nicht allein tiefgehende, sondern auch weit ausgebreitete Wurzeln gegeben hat.

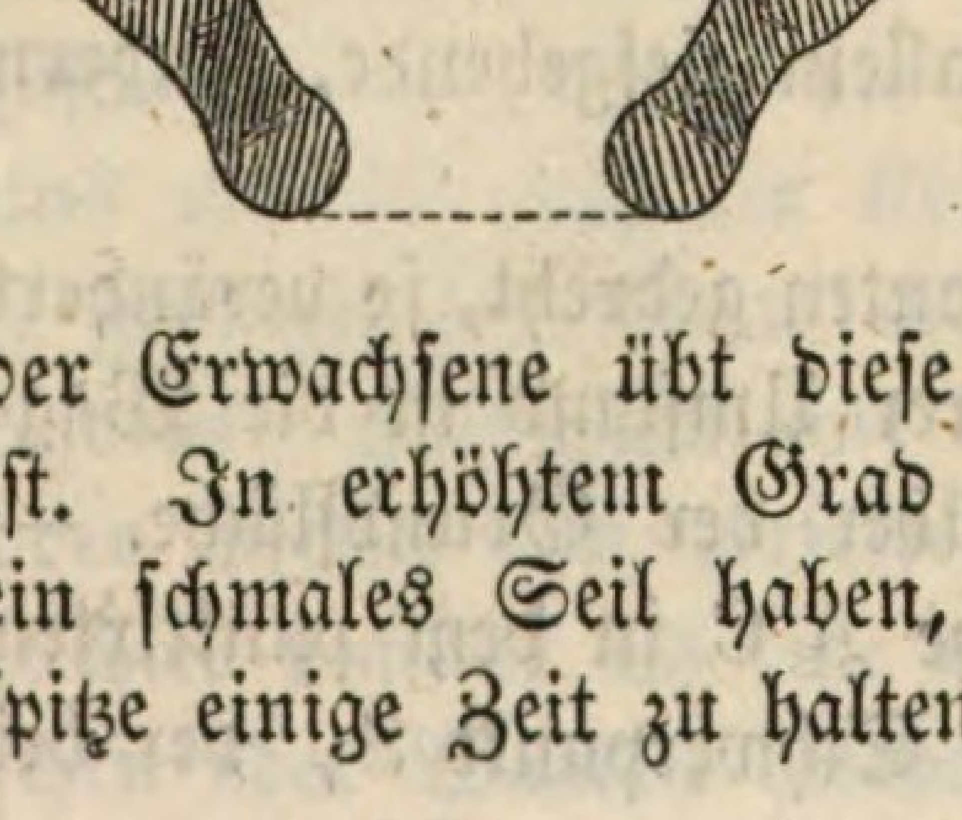
Wird der Körper wirklich um eine seiner Kanten gedreht, so verändert sich seine Stabilität, und nun fällt ein weiterer Umstand in die Wagschale, nämlich die Höhe des Schwerpunkts über der Grundfläche. — Ein hölzerner Cylinder sei an der Grundfläche A C in dem punktirten Raum mit Blei ausgegossen, und dadurch der Schwerpunkt S, der bei



einem homogenen Cylinder in die Mitte der Axe fällt, dieser Grundfläche näher gerückt; so lange der Cylinder aufrecht steht, ist seine Standfähigkeit dieselbe, ob er, wie in 1, auf der Grundfläche A C, von welcher der Schwerpunkt die kleinere Entfernung hat, oder, wie in 2, auf der Grundfläche E D ruht, von welcher der Schwerpunkt die größere Entfernung hat, da nicht allein sein Gewicht gleich geblieben ist, sondern auch die Entfernungen v A und w D der durch den Schwerpunkt gehenden Vertikalen von den Umdrehungspunkten A und D einander gleich sind. Erfolgt aber einmal eine kleine Drehung, so zeigt uns die Figur 3, daß die Standfähigkeit des Körpers in dem Fall schneller abnimmt, wenn der Schwerpunkt höher, wie in 2, als wenn er näher bei der Unterstützungsfläche liegt, wie in 1, da der Abstand der Vertikalen vom Umdrehungspunkt K beim gleichen Drehungswinkel im ersten Fall kleiner ist (w k), als im zweiten (v k). Dieß ist der Grund, warum Lampen und ähnliche hohe Gegenstände nicht selten am Boden mit Blei ausgegossen werden; warum ein Frachtwagen der Gefahr des Umstürzens weniger ausgesetzt ist, wenn er niedrig und breit, als wenn er hoch und schmal geladen ist u. s. f. — Wir können daher den zwei obigen Gesetzen noch das dritte beifügen:

Die Gefahr eines Körpers, umgeworfen zu werden, ist bei sonst gleichen Verhältnissen um so geringer, je näher sein Schwerpunkt seiner Unterstützungsfläche liegt.

Auch der Mensch ist genöthigt, er mag gehen oder stehen, seinen Schwerpunkt, der ungefähr in die Mitte des Unterleibs fällt, in richtige Stellung zu seiner Unterlage, d. h. zu der nahezu viereckigen Figur zu bringen, welche entsteht, wenn man sowohl die Zehenspitzen, als auch



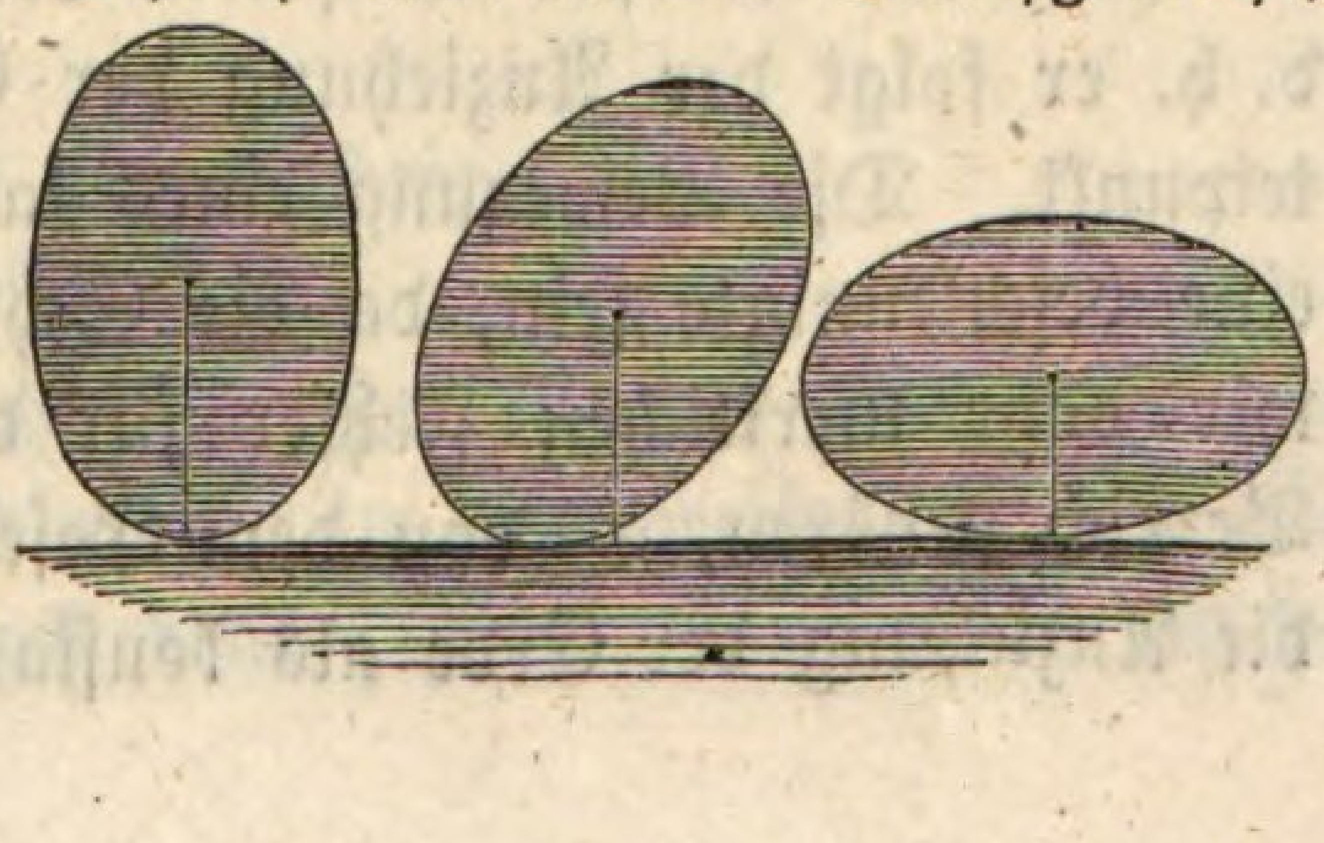
die beiden Fersen durch gerade Linien verbindet. Wenn das Kind stehen oder gehen lernt, so übt es sich in der Kunst, seinen Leib so zu halten, daß sein Schwerpunkt stets senkrecht über jener — verhältnißmäßig sehr kleinen — Grundfläche zu stehen komme. Auch der Erwachsene übt diese Kunst fortwährend, ohne daß er sich's bewußt ist. In erhöhtem Grad ist sie den Seiltänzern, die zur Unterlage nur ein schmales Seil haben, den Ballettänzern, die sich oft auf der Zehenspitze einige Zeit zu halten vermögen, den Schlittschuhläufern und andern

ähnlichen Künstlern eigen. Die Balancirstange dient den Seiltänzern einestheils dazu, durch Vermehrung des Gewichts und durch Erniedrigung des Schwerpunkts ihre Standfähigkeit zu vergrößern, und anderntheils durch Hin- und Herbewegen derselben den Schwerpunkt rascher verrücken zu können, sobald sie in Gefahr kommen zu fallen. Wenn wir eine Last auf dem Rücken tragen, so beugen wir unsern Leib vorwärts; tragen wir sie vor uns, so hängen wir rückwärts; tragen wir sie in der einen Hand, so beugen wir uns auf die Seite der andern Hand, und recken auch wohl den Arm aus: alles dieß geschieht instinktmäßig, um den Schwerpunkt in die richtige Lage — senkrecht über die Mitte unserer Standfläche — zu bringen. Um von einem Sitz aufzustehen, ziehen wir die Füße zurück und neigen den Leib vor, um Schwerpunkt und Unterstützungsfläche sich gegenseitig zu nähern; um beim Fechten, Ringen u. s. w. fester als gewöhnlich zu stehen, setzen wir unsere Füße weit auseinander; gewisse Leute spreizen, sowohl beim Stehen als beim Gehen, ihre Füße gewaltig, und geben damit zu erkennen, daß sie auf festerer Grundlage zu stehen wähnen, als andere Menschenkinder; altersschwache oder gebrechliche Leute schützen sich vor allzu starkem Wanken, indem sie mittelst eines Stabs, der ihnen als dritter Fuß dient, ihre Unterstützungsfläche bedeutend vergrößern.

Viele Kunststücke, das Balanciren ꝛc., ebenso manche Spielereien, z. B. das chinesische Burzelmännchen, der chinesische Treppenläufer, der Seiltänzer, der Mann mit der Säge ꝛc., finden ihre Erklärung in den Gesetzen des Schwerpunkts, und sind daher bei einigem Nachdenken leicht zu enträthseln.

Ist ein Körper nur durch einen festen Punkt unterstützt, so kann sein Gleichgewicht entweder von der Art sein, daß jede kleine Verrückung den Körper zum Fallen bringt, oder aber von der Art, daß der Körper, wenn er in seiner Gleichgewichtsstellung auch noch so sehr gestört wird, doch immer wieder in dieselbe zurückkehrt. Im ersten Falle heißt sein Gleichgewicht unsicher oder labil, im zweiten Fall sicher oder stabil. Ein Körper ist in labilem Gleichgewicht, wenn bei jeder Verrückung der Schwerpunkt eine tiefere Stellung annimmt, und in stabilem Gleichgewicht, wenn der Schwerpunkt bei jeder Drehung des Körpers um den Unterstützungspunkt in die Höhe geht.

Ein ovaler Körper, wie z. B. ein Ei, ist in labilem Gleichgewicht, wenn es gelingt, denselben auf die Spitze zu stellen, wie in Fig. 1, da bei einer beliebigen Drehung desselben nach rechts oder links (Fig. 2) der Schwerpunkt sich senkt; liegt derselbe dagegen auf der platten Seite, wie



in Fig. 3, so hat er stabiles Gleichgewicht, da bei jeder Drehung seitwärts der Schwerpunkt sich hebt, und daher wieder in seine frühere Lage zurückkehrt, sobald der Körper freigelassen wird. Jeder aufgehängte Körper befindet sich ebenfalls in stabilem Gleichgewicht. Ist der Schwerpunkt des Körpers zugleich der Unterstützungspunkt oder bleibt der Schwerpunkt bei einer beliebigen Drehung des Körpers in gleicher Höhe, so ist der Körper in jeder Lage im Gleichgewicht; letzteres ist z. B. der Fall bei einer Kugel, welche auf einer genau horizontalen Ebene ruht. In diesem Fall sagt man, der Körper habe indifferentes Gleichgewicht.

Freier Fall und Wurfbewegung der Körper.

Unter gleichförmiger Bewegung eines Körpers versteht man diejenige, bei welcher in gleichen Zeitabschnitten, so klein oder so groß diese auch genommen werden mögen, stets auch gleiche Räume durchlaufen oder gleiche Wege zurückgelegt werden; jede andere Bewegung ist daher ungleichförmig, und zwar ist sie entweder ganz unregelmäßig, oder die Geschwindigkeit des bewegten Körpers nimmt nach bestimmten Gesetzen zu oder ab — beschleunigte oder verzögerte Bewegung. Unter Geschwindigkeit eines Körpers versteht man nämlich bei gleichförmiger Bewegung den Weg, den er in einer Sekunde zurücklegt; bei der beschleunigten oder verzögerten Bewegung dagegen versteht man darunter den Weg, den der Körper in der Sekunde zurücklegen würde, wenn er von dem Punkt an, in welchem man ihn eben betrachtet, mit der Geschwindigkeit, welche er in diesem Punkte erreicht hat, sich gleichförmig fortbewegen würde. Steht die Zu- oder Abnahme der Geschwindigkeit eines bewegten Körpers im geraden Verhältniß zur Zeit, d. h. nimmt die Geschwindigkeit in gleichen Zeiten um gleich viel zu oder ab, so heißt die Bewegung eine gleichförmig veränderte — gleichförmig beschleunigte oder gleichförmig verzögerte Bewegung. Man nennt alsdann Beschleunigung die Zunahme und Verzögerung die Abnahme an Geschwindigkeit in der Sekunde. Die gleichförmige Bewegung ist die Wirkung einer durch Stoß wirkenden oder momentanen, die beschleunigte und verzögerte Bewegung dagegen sind die Wirkungen stetig wirkender oder continuirlicher Kräfte.

Wird ein Körper im freien Raum sich selbst überlassen, so fällt er, d. h. er folgt der Anziehung der Erde in der Richtung gegen ihren Mittelpunkt. Die Bewegung eines fallenden Körpers muß aber nothwendig eine beschleunigte sein, da die Schwerkraft stetig wirkt; und zwar dürfen wir ohne merklichen Fehler für die geringen Fallhöhen, die in unsern Bereich gehören, — von dem Gesetz der Entfernung Umgang nehmend — die Anziehung der Erde als konstant, d. h. für alle Punkte des Fallraums

gleich stark wirkend, und in Folge dessen die Bewegung eines fallenden Körpers als eine gleichförmig beschleunigte betrachten, sofern demselben nämlich unter dieser Voraussetzung in jedem kleinsten Zeittheilchen ein gleicher Zuwachs an Geschwindigkeit ertheilt wird.

Die Erfahrung bestätigt diesen Satz vollkommen: ein fallender Körper erreicht in der ersten Sekunde eine Geschwindigkeit von 30′, in der zweiten Sekunde eine Geschwindigkeit von 60′, in der dritten Sekunde 90′ u. s. w., so daß also die Beschleunigung für jede Sekunde 30′ beträgt. — Fragen wir nun nach dem Weg, den der fallende Körper zurücklegt, so müssen wir uns erinnern, daß er anfänglich gar keine, am Ende der ersten Sekunde aber eine Geschwindigkeit von 30′, folglich im Mittel in der ersten Sekunde eine Geschwindigkeit von 15′ besitzt. Ein Körper aber, der sich eine Sekunde lang mit einer Geschwindigkeit von 15′ fortbewegt, legt einen Weg von 15′ zurück. In der zweiten Sekunde beginnt er mit einer Geschwindigkeit von 30′ und würde mit dieser allein während der zweiten Sekunde 30′ zurücklegen; dazu kommt aber eine Beschleunigung von 30′, in Folge welcher der Körper einen weiteren Weg von 15′, wie in der ersten Sekunde, zurücklegt; der ganze Weg des fallenden Körpers in der zweiten Sekunde beträgt somit 45′, und der Gesammtweg in den zwei ersten Sekunden 60′. Zu dem gleichen Resultat wären wir auch gekommen, wenn wir die mittlere Geschwindigkeit des Körpers während der zwei ersten Sekunden = 30′ (anfangs = 0, am Ende = 60′) gesetzt hätten; der Weg wäre alsdann = 2 . 30′ = 60′. Durch ähnliche Betrachtungen finden wir den Weg in der dritten Sekunde = 75′, in der vierten Sekunde = 105′ u. s. w., und den ganzen Fallraum in drei Sekunden = 135′, in vier Sekunden = 240′ u. s. w.

Wir bemerken leicht, daß, während die Geschwindigkeiten am Ende der ersten, zweiten, dritten 2c. Sekunde sich wie die Zahlen 1, 2, 3 2c. verhalten, sich die in den aufeinander folgenden Sekunden zurückgelegten Wege, wie die Zahlen 1, 3, 5 2c. und die ganzen Fallräume in einer, zwei, drei 2c. Sekunden, wie die Zahlen 1, 4, 9 2c. verhalten. Hieraus leiten wir folgende Hauptgesetze für den freien Fall der Körper ab:

1) Die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers ist der Fallzeit proportional.

2) Der Fallraum ist dem Quadrat der Fallzeit proportional.

Diesen beiden fügen wir noch das weitere bei:

3) Alle Körper fallen gleich schnell.

Nach dem ersten Hauptgesetz erreicht also ein fallender Körper in der doppelten Zeit die doppelte Geschwindigkeit, in der dreifachen Zeit die dreifache Geschwindigkeit u. s. w. Nach dem zweiten Hauptgesetz durch-

fällt ein Körper in der doppelten Zeit den vierfachen, in der dreifachen Zeit den neunfachen Raum u. s. w. Will man den Fallraum in einer einzelnen Sekunde wissen, so darf man nur den Fallraum aller vorhergehenden von dem der ganzen Fallzeit — bis zum Ende der betreffenden Sekunde — abziehen. Um z. B. den Fallraum, der in der 6ten Sekunde durchlaufen wird, zu erfahren, verfahre man auf folgende Weise: da der Fallraum in der ersten Sekunde = 15′ ist, so ist er in 6 Sekunden = 6.6.15′ = 36.15′ = 540′, und in 5 Sekunden = 5.5.15′ = 25.15′ = 375′; in der sechsten Sekunde beträgt also der durchfallene Raum 540 — 375 = 165′. Dasselbe Resultat erhalten wir nach dem oben angedeuteten Gesetz, wonach sich die Fallräume der einzelnen Sekunden, wie die ungeraden Zahlen erhalten: die sechste ungerade Zahl ist 11, also der Fallraum der sechsten Sekunde 11.15 = 165.

Wenn schon die beiden ersten Gesetze durch die Erfahrung nur dann ihre volle Bestätigung erhalten, wenn die Versuche im luftleeren Raum vorgenommen werden, so ist dieß noch in erhöhtem Maße bei dem dritten Gesetze der Fall. Mancher Leser, der sich erinnert, wie langsam ein Papierstückchen oder eine Flaumfeder gegenüber einem Stück Holz oder Metall fällt, mag daher auch im ersten Augenblicke dieses dritte Gesetz zweifelnd betrachten. Und doch ist es in ganzer Strenge wahr und richtig, und läßt sich nicht allein aus der Natur der Sache selbst erklären, sondern auch durch Versuche im luftleeren Raum nachweisen. Wir haben schon oben angeführt, daß alle und jede Materie ohne Rücksicht auf ihre physikalische Natur durch die Schwerkraft gleich stark angezogen wird, d. h. die Massentheilchen des Papiers so stark, als die eines Metalls, die einer Flüssigkeit ebenso, wie die eines festen Körpers u. s. w. Was ist also natürlicher, als daß alle diese Körper der Schwerkraft auch gleich schnell folgen, d. h. gleich schnell fallen, mögen sie durch kleinere Zwischenräume — wie bei dichten, schweren Körpern — oder durch größere — wie bei lockern, leichten Körpern — von einander getrennt sein. Sollte etwa, um uns eines Bildes zu bedienen, eine Schaar Vögel in ruhiger Luft schneller vorwärts kommen, wenn sie nahe bei einander fliegen, als wenn sie große Zwischenräume zwischen sich lassen? Gewiß nicht! Aber ein Anderes wird es sein, wenn sich ihnen Hindernisse, wie starke Luftströmungen u. dgl., entgegenstellen, wo es gilt, dem hemmenden Mittel eine möglichst geringe Oberfläche darzubieten und in möglichst gedrängten Massen hindurchzustürmen. Ganz derselbe Fall tritt ein, wenn es sich um den Fall der Körper in der Luft, die von ihnen auf die Seite geschoben werden muß, handelt. Hier wird nothwendig von zwei gleich schweren Körpern — d. h. bei gleich vielen Massentheilchen und gleicher Summe der Anziehung — derjenige gegen den andern zurückbleiben, welcher wegen

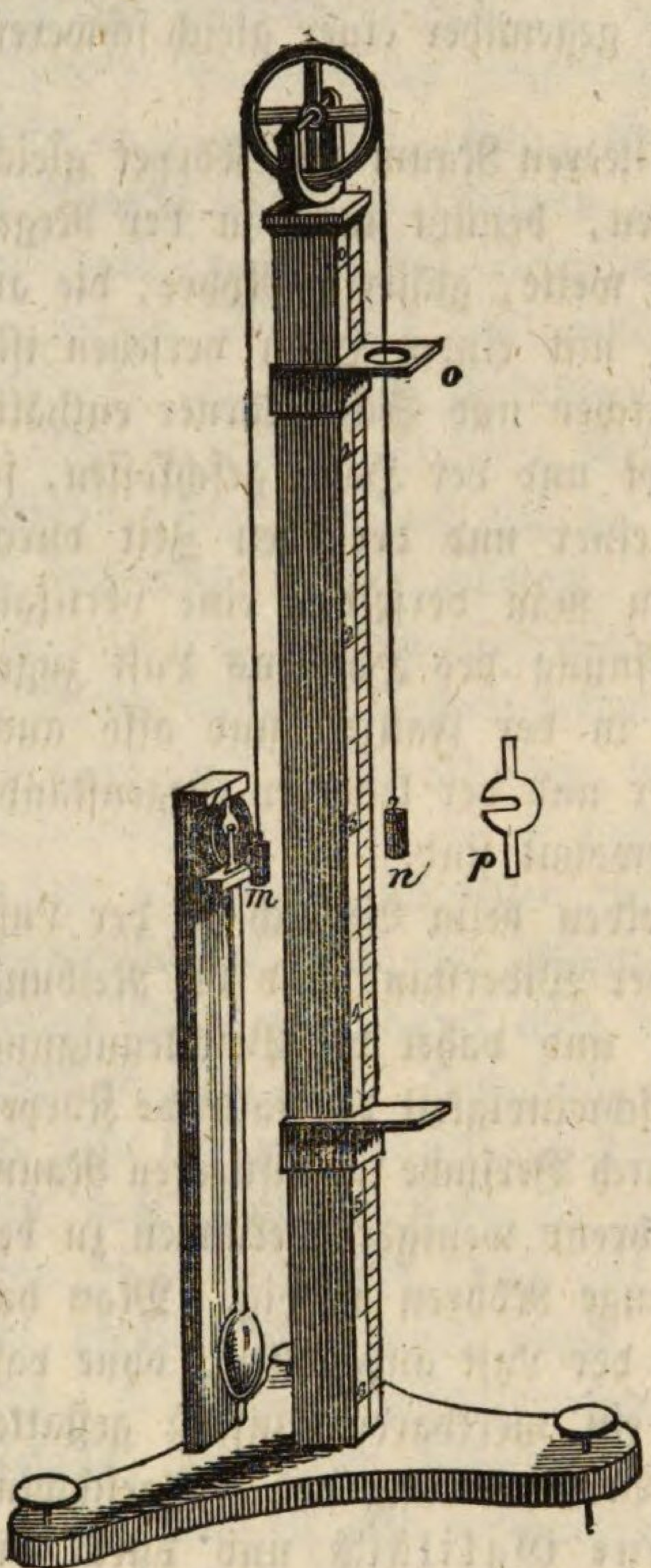
seines größern Volumens den größeren Luftwiderstand zu bekämpfen hat, wie dieß z. B. bei einer Flaumfeder gegenüber einem gleich schweren Holzsplitter, oder bei einer hohlen Metallkugel gegenüber einer gleich schweren massiven und dabei kleinern der Fall ist.

Um das Gesetz, nach welchem im luftleeren Raum alle Körper gleich schnell fallen, durch Versuche nachzuweisen, benützt man in der Regel eine 3 bis 4 Fuß lange und 1 bis 2 Zoll weite, gläserne Röhre, die an beiden Enden geschlossen, einerseits aber mit einem Hahn versehen ist, und einige Kork-, Feder- oder Papierstückchen und Schrotkörner enthält. Wird die Luft aus der Röhre ausgepumpt und der Hahn geschlossen, so sieht man diese kleinen Gegenstände in einer und derselben Zeit durch die ganze Länge der Röhre fallen, wenn man derselben eine vertikale Stellung gibt. Wird hierauf durch Oeffnung des Hahnens Luft zugelassen, so findet dieselbe Verschiedenheit in der Fallzeit und also auch in der Fallgeschwindigkeit der Schrotkörner und der leichtern Gegenstände statt, wie wir sie in der Luft zu sehen gewohnt sind.

Auch die beiden ersten Fallgesetze erleiden beim Versuch in der Luft Abänderungen, und zwar dadurch, daß der Widerstand und die Reibung der Luft mit der Geschwindigkeit wächst, und daher die Beschleunigung um so geringer wird, eine je größere Geschwindigkeit der fallende Körper erlangt hat. Um indessen diese Gesetze durch Versuche im luftleeren Raum zu bestätigen, und den Fall auch nur während weniger Sekunden zu beobachten, dazu wären außerordentlich lange Röhren nöthig. Man hat daher Mittel ersonnen, diese Versuche in der Luft anzustellen, ohne daß dabei der Wirkung des Luftwiderstands ein merkbarer Einfluß gestattet wird. Dieß geschieht durch bedeutende Verminderung der Fallgeschwindigkeit, wie sie durch die schiefe Ebene Galiläi's und durch die Atwood'sche Fallmaschine erzielt wird.

Galiläi, der die Fallgesetze zuerst aufgestellt hat, benützte hiezu eine etwa 12 Fuß lange, innen fein polirte Rinne und fein polirte Metallkugeln. Wird eine solche Rinne horizontal gestellt, so bleibt die in dieselbe gelegte Kugel überall in Ruhe und die Schwerkraft äußert sich nur in dem Druck der Kugel auf die Rinne; wird die Rinne vertikal gestellt, so übt eine in ihre Höhlung gebrachte Kugel auf die Rinne gar keinen Druck aus, sondern fällt frei herunter. Bringt man aber die Rinne in eine geneigte Lage, so wird sich ein Theil der Schwerkraft in einem Druck der Kugel auf die Rinne äußern, während ein anderer Theil derselben die Kugel mit beschleunigter Bewegung in der Rinne hinabtreibt. Wenn nun die Schwerkraft eine stetige, unveränderliche Kraft ist, so muß derjenige Theil derselben, welcher die Kugel zum Hinabrollen zwingt, ebenfalls eine stetige, unveränderliche Kraft sein, und die Bewegung der

Kugel muß daher nothwendig den ersten beiden Hauptgesetzen des Falls entsprechen.



Genauere Resultate, als Galiläi's schiefe Ebene, liefert die Atwood'sche Fallmaschine. Diese besteht in der Hauptsache aus einer etwa 7 Fuß hohen Säule, auf deren Gipfel eine außerordentlich leicht bewegliche Rolle auf einer horizontalen Axe ruht. Ueber diese Rolle ist ein Faden gelegt, an dessen beiden Enden kleine Gewichte, m und n, angehängt sind, die für sich in jeder Lage (da die Ueberwucht des längern Fadens hier nicht in Betracht kommt) im Gleichgewicht sind. Legt man nun auf m ein kleines Uebergewicht in der Regel von der Form p), so ist das Gleichgewicht gestört, m und sein Uebergewicht fallen, und n hebt sich. Hätte das Uebergewicht, das hier die bewegende Kraft bildet, nur seine eigene Masse in Bewegung zu setzen, so würde es sich mit der fallenden Körpern eigenen Geschwindigkeit bewegen; da es aber zugleich die Massen m und n mit sich schleppen muß, so wird die Bewegung des ganzen Systems eine um so langsamere sein, je größer die zu bewegende Gesammtmasse im Verhältniß zu der bewegenden Kraft, d. h. zum Uebergewicht, ist. Wählt man z. B. das Uebergewicht so, daß seine Masse den 14. Theil von der der beiden Gewichte m und n, oder den 7. Theil von einem derselben beträgt, so muß sich die bewegende Kraft des Uebergewichts auf eine 15fache Masse vertheilen, ihre Wirkung auf das einzelne Massentheilchen ist daher auch nur der 15. Theil der Schwerkraft, und die Beschleunigung wird daher auch nur den 15. Theil der Erdbeschleunigung betragen: die von den Gewichten in 1, 2, 3 ... Sekunden durchlaufenen Räume betragen daher statt 15, 60, 135 ... Fuß nur 1, 4, 9 ... Fuß. Durch geschickte Wahl des Uebergewichts kann man diesen Wegen eine beliebige Größe geben. Durch die Vorrichtung bei o der Maschine ist es möglich, das Uebergewicht p an einem beliebigen Punkt abzuheben und somit die bewegende Kraft zu entfernen, so daß aus der ferneren Bewegung des Gewichts m

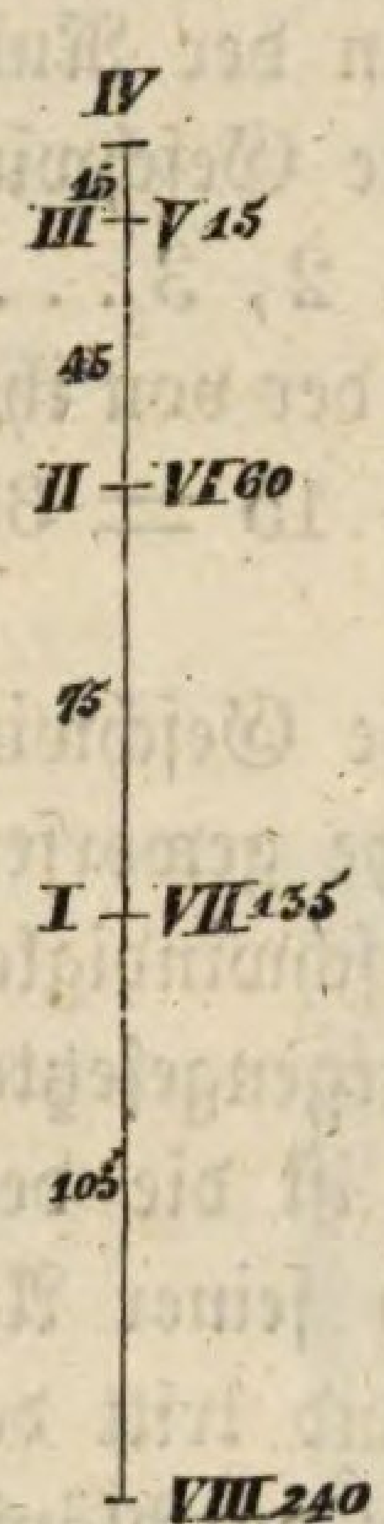
die im Punkt o erreichte Geschwindigkeit unmittelbar beobachtet werden kann. Auf der Seite ist ein Pendel angebracht, welches Sekunden schwingt und dieselben hörbar anzeigt.

Wird ein Körper mit einer gewissen Geschwindigkeit vertikal abwärts geworfen, so ist seine Geschwindigkeit nach einer bestimmten Zeit gleich der Summe jener Anfangsgeschwindigkeit und derjenigen, welche er in dieser Zeit beim freien Fall gewonnen hätte, da die Schwerkraft auf einen bewegten Körper ganz ebenso wirkt, wie auf einen in der Ruhe befindlichen. Hat er z. B. durch den anfänglichen Stoß eine Geschwindigkeit von 20′ erhalten, so ist seine Geschwindigkeit nach 1, 2, 3.... Sekunden = 20 + 1.30, 20 + 2.30, 20 + 3.30 ꝛc. Fuß, und der von ihm nach 1, 2, 3.... Sekunden zurückgelegte Weg = 20 + 15 = 35, 2.20 + 4.15 = 100, 3.20 + 9.15 = 195 ꝛc. Fuß.

Erhält dagegen ein Körper durch einen Stoß eine gewisse Geschwindigkeit vertikal aufwärts, d. h. wird er senkrecht in die Höhe geworfen, so steigt er mit verzögerter Bewegung; denn seine Anfangsgeschwindigkeit nimmt um diejenige ab, welche ihm von der Schwere im entgegengesetzten Sinne ertheilt wird; ist sie endlich ganz aufgezehrt, d. h. ist die dem Körper aus der Erdanziehung erwachsene Verzögerung gleich seiner Anfangsgeschwindigkeit geworden, so hört er auf zu steigen und tritt den Rückweg an, den er nun ganz wie ein freifallender Körper durchläuft. Würde er z. B. mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 120′ aufwärts geworfen, so hört er nach 4 Sekunden auf zu steigen, da dieser Zeit eine Beschleunigung von 120′ in entgegengesetzter Richtung entspricht.

Wenn wir die aufsteigende Bewegung des Körpers mit seiner nachherigen fallenden vergleichen, so finden wir, daß sie einander vollkommen entsprechen, d. h. daß der Körper nicht allein mit der gleichen Geschwindigkeit wieder an seinem Ausgangspunkt ankommt, mit der er in die Höhe geworfen wurde, sondern daß er auch in jedem einzelnen Punkt seines Wegs beim Aufsteigen und beim Herabfallen genau dieselbe Geschwindigkeit hat. Im obigen Beispiel hat der Körper nach der ersten Sekunde noch eine Geschwindigkeit von 90′, da ihm durch die Schwerkraft eine Beschleunigung von 30′ in entgegengesetzter Richtung ertheilt wurde; nach der zweiten Sekunde beträgt dieselbe noch 60′, nach der dritten 30′ und nach der vierten Sekunde ist dieselbe = 0. Am Ende der ersten Sekunde hat der Körper eine Höhe von 105′ erreicht; vermöge seiner Anfangsgeschwindigkeit hätte er nämlich in der ersten Sekunde einen Weg von 120′ zurückgelegt; da ihn aber die Schwere in der gleichen Zeit um 15′ heruntergezogen hat, so beträgt sein ganzer Weg nur noch 105. Aus demselben Grunde durchläuft er in der zweiten Sekunde 75′, in der dritten 45′ und in der vierten 15 Fuß. Die ganze Höhe, die er in 2 Sekunden

erreicht, ist demnach 180′, in 3 Sekunden 225, und in 4 Sekunden 240. Diese Zahlen finden wir auch, wenn wir die Höhen berechnen, zu denen sich der Körper vermöge seiner anfänglichen Geschwindigkeit in den verschiedenen Zeitabschnitten erhoben haben würde, und hievon die den gleichen Zeitabschnitten entsprechenden Fallräume abziehen: in 3 Sekunden z. B. würde sich der Körper 3.120′ = 360′ erhoben haben und der diesen 3 Sekunden entsprechende Fallraum beträgt 9.15 = 135′; diese von jenen abgezogen bleibt als die Höhe, zu der er sich in Wirklichkeit erhoben hat, 225 Fuß, dieselbe Zahl, die wir auch oben gefunden haben. Es ist demnach, als ob der Körper beiden bewegenden Kräften, der Wurfkraft und der Schwerkraft, vollständig Genüge geleistet hätte. Aus den hier gefundenen Zahlen sehen wir zugleich, daß der Körper beim Herabfallen genau dieselben Punkte erreicht, an denen er sich auch beim Aufsteigen am Ende der einzelnen Sekunden befand (s. die nebenstehende Figur; — die Sekunden sind mit römischen Zahlen bezeichnet).

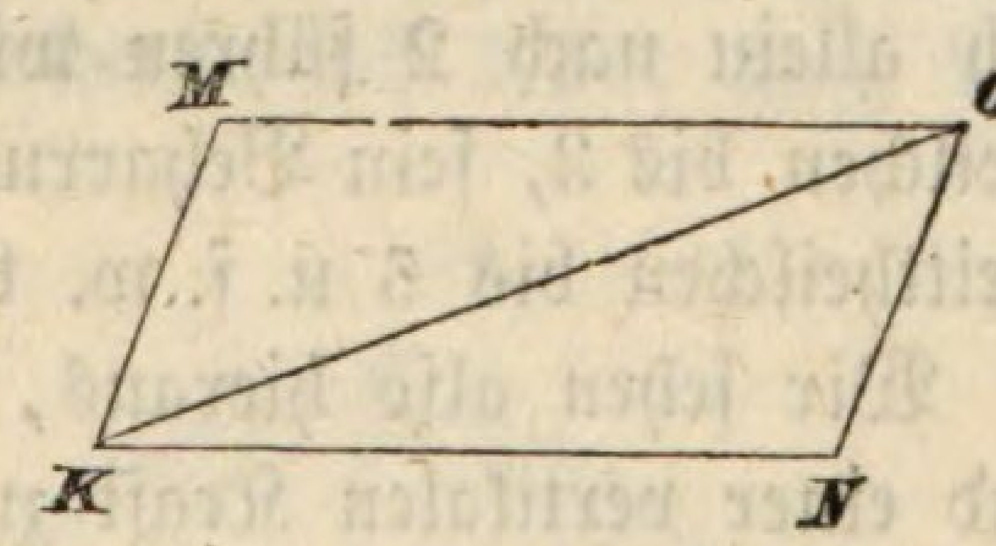


Nach dem Bisherigen ist es nun auch ein Leichtes, aus der Zeit, die ein Körper braucht, entweder um in eine unbekannte Tiefe hinabzufallen, oder, wenn er in die Höhe geworfen worden ist, um wieder den Boden zu erreichen, im einen Fall die Tiefe, die er durchfallen, im andern Fall die Höhe zu berechnen, bis zu welcher er sich erhoben hatte. Beträgt z. B. die Zeit, die ein Körper braucht, um von einem Thurm herabzufallen, 2½ Sekunden, so ist die Höhe des Thurmes bis zu dem Punkt, von welchem der Körper ausgegangen ist, $\frac{5}{2} \cdot \frac{5}{2} \cdot 15 = \frac{375}{4} = 93\frac{3}{4}$ Fuß. Will man auf diese Weise die Tiefe eines Brunnens erfahren, so hat man wohl zu berücksichtigen, daß die Zeit, welche vom Abgang des Körpers bis zu dem Punkt verstreicht, wo man ihn auffallen hört, außer der wahren Fallzeit auch noch diejenige Zeit in sich schließt, welche der Schall braucht, um von der Tiefe zu unserem Ohr zu gelangen. Die Mathematik gibt Mittel an, auch für diesen Fall ganz genaue Resultate zu erhalten; übrigens kann für die gewöhnlichen Fälle dieser Umstand entweder ganz unberücksichtigt bleiben, und die ganze beobachtete Zeit zur Berechnung der Tiefe angenommen werden, da die vom Schall, der in der Sekunde einen Weg von 332,3 m oder 1023 bis 1024′ zurücklegt, beanspruchte Zeit nur einen kleinen Bruchtheil jener ausmacht. Auch kann man sich dadurch ein annäherndes Resultat verschaffen, daß man zuerst die der Beobachtungszeit entsprechende Tiefe berechnet, alsdann die Zeit bestimmt, in welcher der Schall diese durchläuft, und hierauf eine zweite Berechnung des Fall-

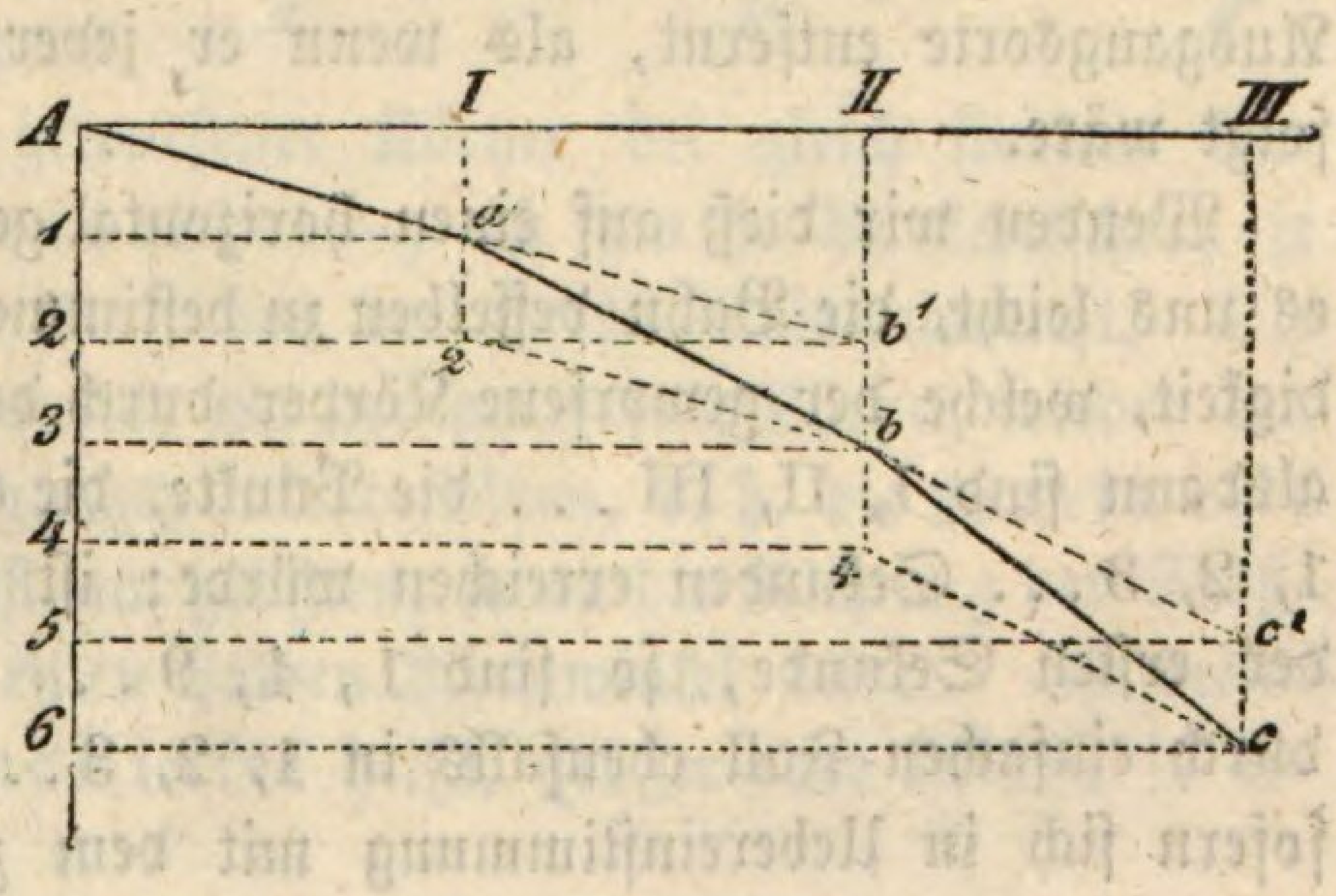
raums anstellt, indem man die für den Schall berechnete Zeit von der ganzen Beobachtungszeit abzieht. Wäre z. B. die beobachtete Zeit, wie oben, $2^1/_2$ Sekunden, so wäre die derselben entsprechende Tiefe $93^3/_4$ Fuß, welche der Schall in etwas weniger als $^1/_{10}$ Sekunde durchläuft; der annähernde Werth für die Fallzeit des Körpers wäre somit $2^1/_2 - {}^1/_{10} = 2^2/_5$ Sekunden und daher die hieraus berechnete annähernde Tiefe des Brunnens $86^2/_5$ Fuß. Um endlich die Höhe, bis zu welcher sich ein aufwärts geworfener Körper erhoben hat, aus der von seinem Abgang bis zu seiner Ankunft am Boden verstrichenen Zeit zu berechnen, brauchen wir nur die Hälfte der beobachteten Zeit als Fallzeit zu betrachten, und hieraus den von dem Körper durchfallenen Raum, der zugleich die Höhe ist, die der Körper erreicht hat, zu berechnen.

Es bleibt uns jetzt noch übrig, die Bahn zu bestimmen, die ein Körper einschlägt, der nicht vertikal, sondern nach irgend einer andern Richtung geworfen wird.

Die Erfahrung lehrt, und es wird in der Mechanik bewiesen (s. das zweite Buch), daß ein materieller Punkt, der durch zwei Kräfte, die ihn nach verschiedenen Richtungen in Bewegung zu setzen streben, zugleich angestoßen wird, weder der einen, noch der andern Kraft ausschließlich Folge leistet, sondern eine mittlere Richtung einschlägt, und zwar in der Art, daß die Richtung seiner Bewegung und die Größe seiner Geschwindigkeit durch die Richtung und Größe der Diagonale eines Parallelogramms dargestellt ist, dessen Seiten die Richtungen und Geschwindigkeiten der Bewegungen darstellen, welche der Punkt durch jede einzelne der beiden Kräfte erhalten haben würde. Wären z. B. in nebenstehender Figur KM und KN die Wege, welche der Punkt in der Zeiteinheit zurücklegen würde, wenn jede der beiden Kräfte für sich allein wirkte, so ist KO der in der Zeiteinheit zurückgelegte Weg des Punkts für den Fall, daß beide Kräfte zugleich wirken.



Es sei nun in unserer Figur A ein materieller Punkt, der ein für allemal einen Stoß in horizontaler Richtung, und nach gleichen Zeitintervallen wiederholte, gleiche Impulse erhalte, die ihn vertikal abwärts treiben. Die Linie AI stelle die Größe des Wegs dar, welchen der Punkt in



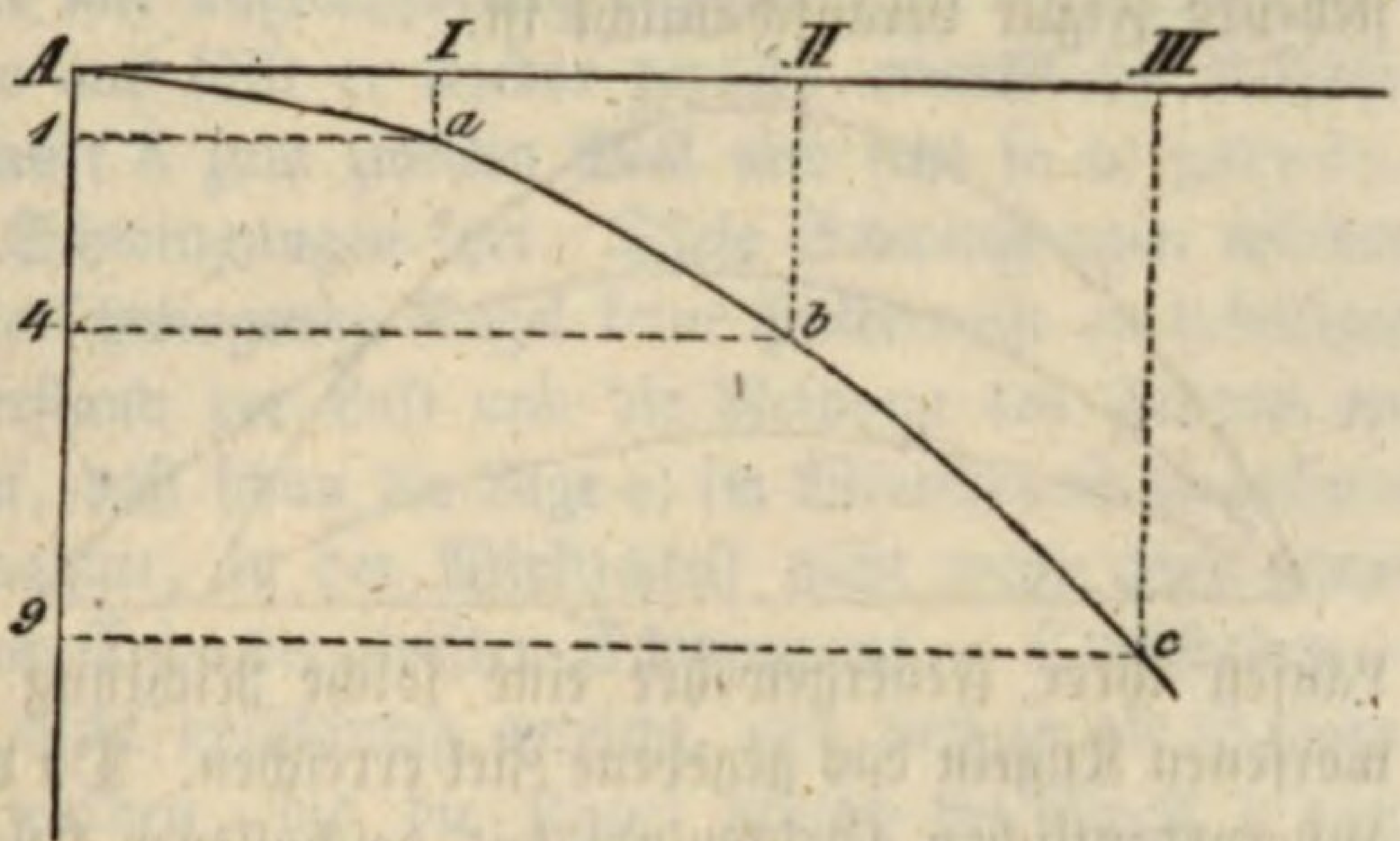
Folge des horizontalen Stoßes in einem Zeittheilchen zurücklegt, und A 1 den einem einmaligen Anstoß der vertikal gerichteten Kraft und ebenfalls einem Zeittheilchen entsprechenden Weg des Punkts. Wirken nun beide Kräfte gleichzeitig auf den Körper A, so kommt derselbe nach dem vorhin angegebenen Gesetz im ersten Zeittheilchen auf dem Wege A a nach a. Kommt kein neuer Anstoß hinzu, so setzt er im zweiten Zeittheilchen vermöge seines Beharrungsvermögens seinen Weg bis b' fort; ertheilt ihm aber die vertikale Kraft einen neuen Impuls, der ihn um das Stück a 2 = a I = A 1 abwärts treibt, so ergibt sich nach demselben Gesetz eine mittlere Bewegung des Körpers, die ihn im zweiten Zeittheilchen nach b führt; von b aus wird er durch den dritten Impuls der vertikalen Kraft in derselben Weise nach c geführt u. s. w.

Eine einfache Betrachtung der Figur aber zeigt, daß der Körper bei dieser Bewegung sich genau ebensoweit von der Vertikalen A 6 entfernt hat, als dieß in den gleichen Zeitintervallen geschehen wäre, wenn er, der horizontalen Kraft allein folgend, sich auf der Linie A III fortbewegt hätte, und daß er ferner in vertikaler Richtung genau ebensoweit von der horizontalen A III sich entfernt hat, als wenn er auf der Linie A 6 der vertikalen Kraft allein gefolgt wäre. Denn die Punkte a, b und c liegen senkrecht unter den Punkten I, II und III, für welche A I = I II = II III, und horizontal gegenüber den Punkten 1, 3 und 6, welche der Körper durch die Impulse der vertikalen Kraft erreicht haben würde, sofern ihn nämlich der erste Stoß bis 1, sein Beharrungsvermögen (das ihn für sich allein nach 2 führen würde) und der zweite Stoß im zweiten Zeittheilchen bis 3, sein Beharrungsvermögen und der dritte Stoß im dritten Zeittheilchen bis 6 u. s. w. treibt.

Wir sehen also hieraus, daß ein Körper, der von einer horizontalen und einer vertikalen Kraft zugleich getrieben wird, mögen dieselben nun einmal oder in wiederholten Stößen und mit größerer oder geringerer Stärke wirken, beiden Kräften in der Weise Folge leistet, daß er sich sowohl in horizontaler, als in vertikaler Richtung genau soweit von seinem Ausgangsorte entfernt, als wenn er jeder der beiden Kräfte allein gefolgt wäre.

Wenden wir dieß auf einen horizontal geworfenen Körper an, so wird es uns leicht, die Bahn desselben zu bestimmen. Es sei A I die Geschwindigkeit, welche der geworfene Körper durch den horizontalen Stoß erhalte; alsdann sind I, II, III ... die Punkte, die er vermöge dieses Stoßes nach 1, 2, 3 ... Sekunden erreichen würde; ist sodann A 1 der Fallraum in der ersten Sekunde, so sind 1, 4, 9 ... die Punkte, die der Körper durch einfachen Fall ebenfalls in 1, 2, 3 ... Sekunden erreichen würde, sofern sich in Uebereinstimmung mit dem zweiten Fallgesetz die Größen

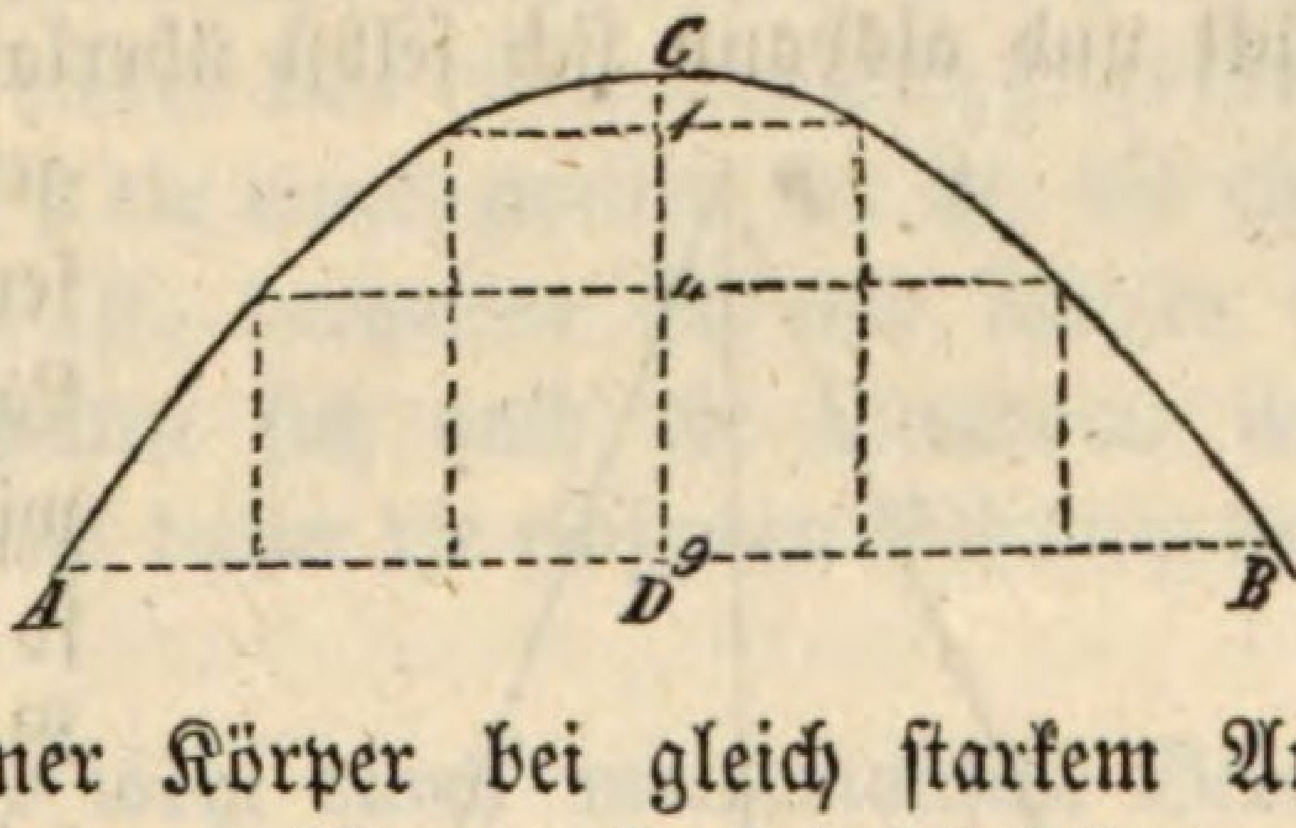
A 1, A 4, A 9... verhalten, wie 1^2 zu 2^2 zu 3^2..., d. h. wie 1 zu 4 zu 9... Der Körper wird somit in den aufeinanderfolgenden Sekunden die Punkte a, b, c... erreichen.



Die Bahn des Körpers wird aber keine geraden Elemente enthalten, wie im vorher betrachteten Fall, da die Schwerkraft ununterbrochen, d. h. in Impulsen, die durch unendlich kleine Zeitintervalle getrennt sind, wirkt, und somit sowohl die Linien A 1 und A I, als auch die Wege A a, a b ꝛc. der frühern Figur unendlich klein werden, so daß der Punkt in jedem Augenblick seine Richtung ändert und eine krumme Linie beschreibt, wie sie in vorstehender Figur verzeichnet ist.

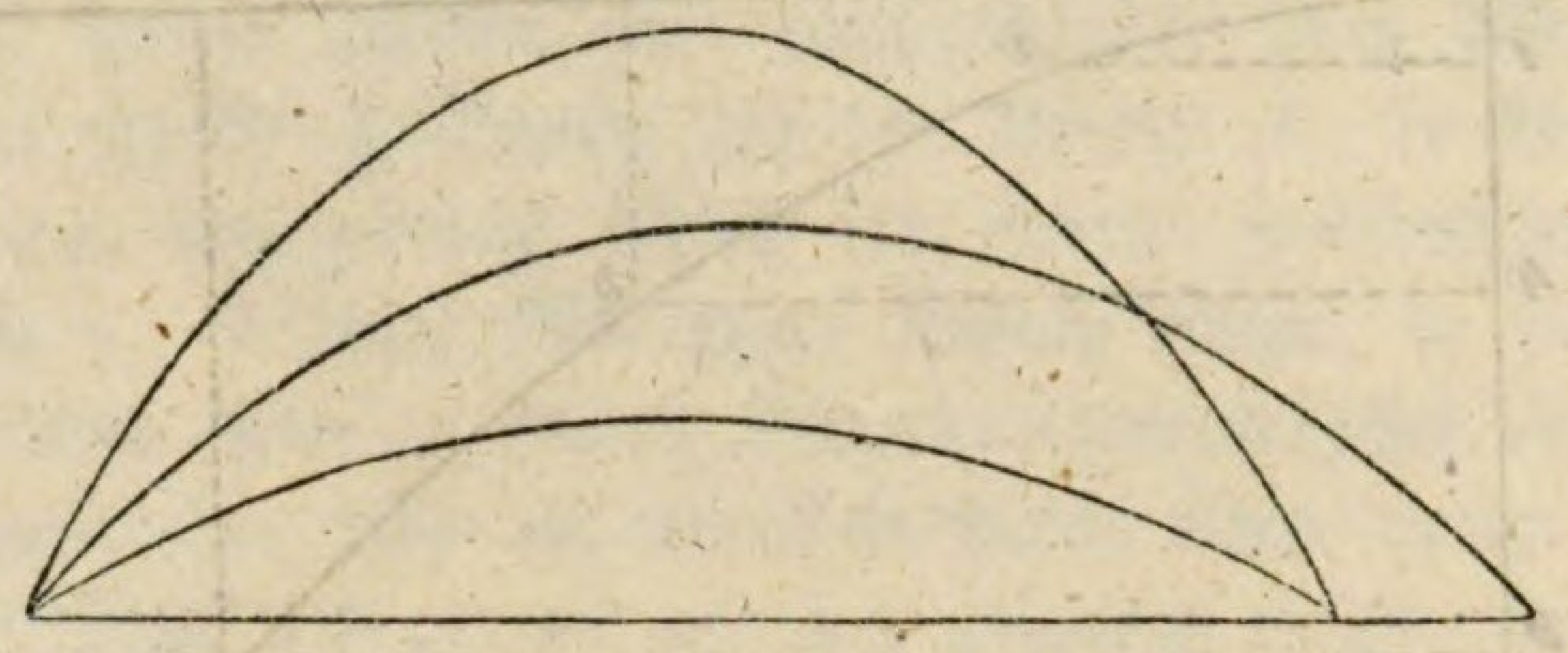
Diese Linie ist eine Parabel; im Kleinen kann dieselbe am leichtesten an dem Strahl eines fließenden Brunnens beobachtet werden; die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus dem Rohr tritt, ist alsdann die Geschwindigkeit A I, die der geworfene Körper durch den horizontalen Stoß erhält; je größer dieselbe ist, desto mehr entfernt sich die Parabel von der Vertikalen A 9, und desto weiter erstreckt sich daher auch der Strahl in horizontaler Richtung.

Wird ein Körper schief auf- oder abwärts geworfen, so beschreibt derselbe, wie man durch ähnliche Betrachtungen findet, ebenfalls eine Parabel; die nebenstehende Figur stellt die Bahn eines schief aufwärts geworfenen Körpers dar.



Die Höhe, die ein so geworfener Körper bei gleich starkem Anstoß erreicht — Kulminationshöhe —, ist um so beträchtlicher, je weniger die Richtung der Wurfkraft von der Vertikallinie abweicht. Die horizontale Entfernung des Punkts, wo der geworfene Körper wieder den Boden erreicht, von dem Ausgangspunkt desselben, d. h. die Wurfweite (in vorstehender Figur A B) ist am größten, wenn die Richtung der Stoßkraft mit der Horizontallinie einen halben Rechtwinkel bildet. Ist dieser Winkel, den man Elevationswinkel heißt, größer oder kleiner, so er-

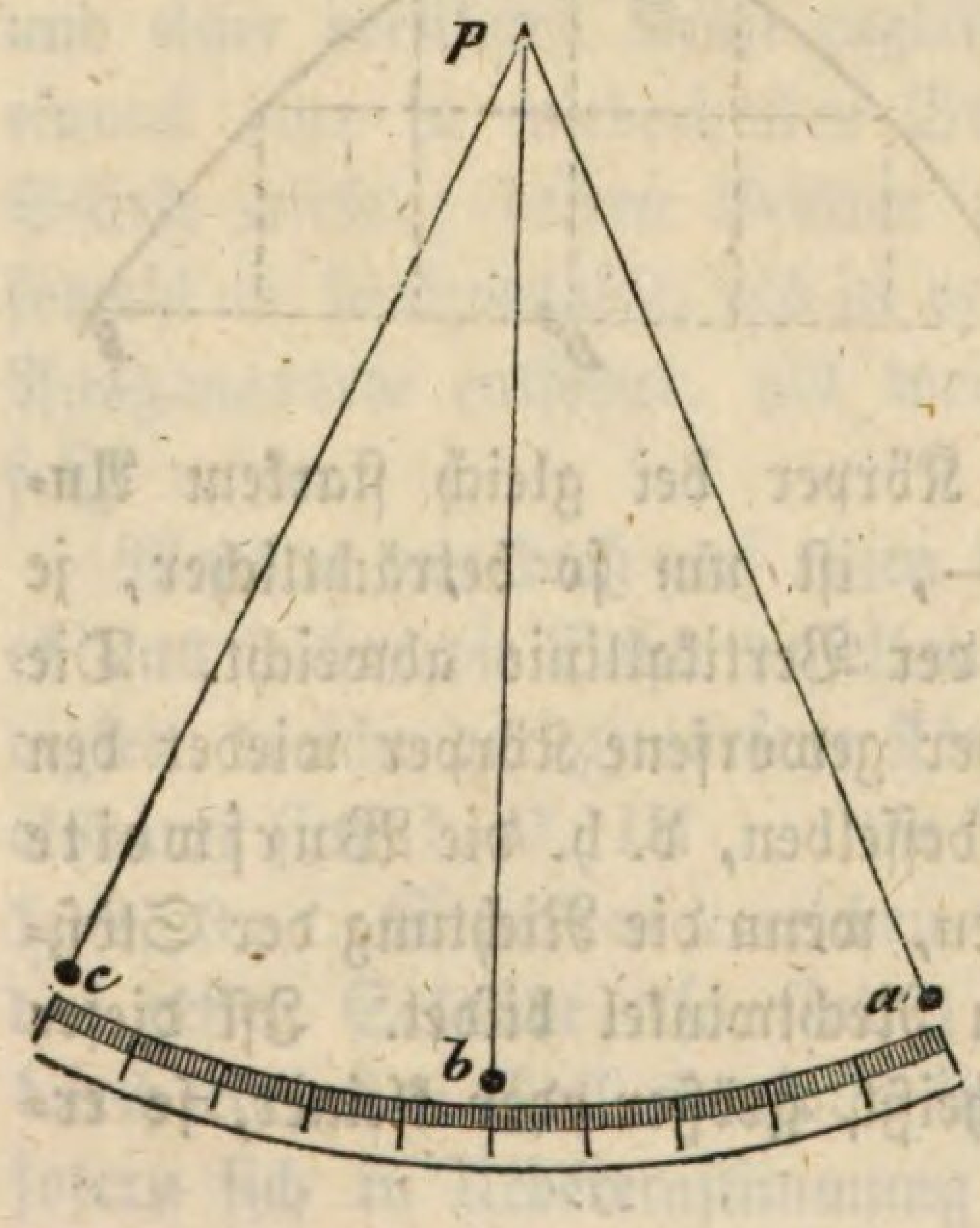
reicht der Körper in beiden Fällen den Boden früher, wie durch die nachstehende Figur veranschaulicht ist.



Auch Büchsen- und Kanonenkugeln beschreiben parabolische Bahnen, und es liegt daher in der Geschicklichkeit der Schützen und Kanoniere, den Läufen ihrer Feuergewehre eine solche Richtung zu geben, daß die geworfenen Kugeln das gegebene Ziel erreichen. Da diese Parabeln wegen der außerordentlichen Geschwindigkeit geschossener Kugeln sehr gestreckt sind, so weichen sie für kleinere Entfernungen von der geraden Linie nur äußerst wenig ab, und es ist daher beim Visiren keine Rücksicht darauf zu nehmen; bei größeren Entfernungen dagegen muß die Wölbung der Bahn in der Weise in Betracht gezogen werden, daß man die Kugel nicht in gerader Richtung auf das Ziel, sondern etwas höher abschießt. Die Kunst bei der Artillerie, die Bahnen der Kanonenkugeln, Bomben u. s. w. ganz genau zu bestimmen, die Zeit zu berechnen, in welcher sie ein bestimmtes Ziel erreichen u. s. w., heißt **Ballistik**.

Das Pendel.

Hängt man an einem Faden einen schweren Körper, etwa ein Metallkügelchen, auf, so ist dieses nach den oben angeführten Gesetzen nur dann im Gleichgewicht, wenn der Schwerpunkt desselben genau unter den Aufhängepunkt zu stehen kommt; sobald die Kugel aus dieser Stellung verrückt und alsdann sich selbst überlassen wird, so fällt sie in ihre Gleichgewichtslage zurück.



Bringt man bei dieser Verrückung die Kugel in eine solche Lage, daß der Faden angespannt bleibt, wie in nebenstehender Figur die Lage a, so ist die von dem Körper beschriebene Bahn ein Kreisbogen, da derselbe vermöge seiner Schwere den Faden stets straff erhält, und daher in allen Punkten um die Länge des Fadens von p absteht. Wenn er bei seiner Gleichgewichtsstellung in b ankommt, so hat er eine solche Geschwindigkeit erreicht, daß er, indem er vermöge seiner Trägheit sich zu bewegen fortfährt, mit ungleichförmig

verzögerter Bewegung im Punkt c wieder dieselbe Höhe erreicht, von der er auf der andern Seite mit ungleichförmig beschleunigter Bewegung herabgefallen war. Von c aus fällt er wieder zurück, erreicht in rückgängiger Bewegung den Punkt a zum zweiten Mal und setzt so in ganz entsprechender Weise seine Schwingungen fort. Diese Schwingungen würden nie aufhören, wenn die schwingende Kugel keine Hindernisse zu beseitigen hätte; allein der Widerstand der Luft und die Reibung des Fadens am Aufhängepunkt bewirken, daß schon die Lage c, im Widerspruch zu unserer obigen vorläufigen Annahme, in der Wirklichkeit nicht mehr ganz genau so hoch ist, als a; daß am Ende der zweiten Schwingung — Oscillation — die Kugel den Punkt a nicht vollständig erreicht, und daß so die Schwingungen immer kleiner werden, bis die Kugel endlich im Punkt b ganz zur Ruhe kommt. — Die hier beschriebene Vorrichtung ist die gewöhnliche Art des Pendels, eines Geräthes, das für den Physiker von der größten Wichtigkeit ist.

Die Zeit, welche das Pendel nöthig hat, um den Bogen a b c zu durchlaufen, heißt seine Schwingungsdauer, und der Winkel apb, um welchen das Pendel erhoben wird, heißt der Elongations- oder Elevationswinkel.

Die Schwingungsgesetze des Pendels sind folgende:

1) Die Schwingungsdauer eines Pendels ist für kleine Schwingungen unabhängig von der Länge der Schwingungsbogen; d. h. wenn der anfängliche Elevationswinkel eines schwingenden Pendels eine gewisse Größe — etwa 5° — nicht überschreitet, so bleibt die Schwingungsdauer ganz dieselbe, wenn auch die vom Pendel durchlaufenen Bogen immer kleiner werden.

2) Bei ungleich langen Pendeln verhalten sich die Pendellängen gerade wie die Quadrate der Schwingungszeiten; d. h. ist die Länge eines Pendels = 1′, die eines zweiten = 4′, die eines dritten = 9′ ꝛc., oder, was dasselbe ist, verhalten sich die Längen der Pendel wie 1 : 4 : 9 ꝛc., so verhalten sich auch die Quadrate ihrer Schwingungszeiten wie 1 : 4 : 9 ꝛc. und daher die einfachen Schwingungszeiten wie 1 : 2 : 3 u. s. w.

Diese Gesetze, welche sich eben so wohl durch mathematische Berechnung auffinden, als durch Versuch nachweisen lassen, sind von Galiläi zuerst aufgestellt worden, und zwar wurde er auf das erstere schon als Knabe geleitet, als er in dem Dome zu Pisa die Schwingungen einer Lampe beobachtete.

Jedoch gelten diese Gesetze in ihrer äußersten Strenge nur für ein sogenanntes mathematisches, ideales oder einfaches Pendel, welches aus einem unschweren Faden und einem schweren Punkt bestehend gedacht

wird. Bei physischen oder zusammengesetzten Pendeln, mit denen man allein die Versuche anstellen kann, treten stets mehr oder weniger bedeutende Abweichungen ein.

Unter den zusammengesetzten Pendeln nähert sich das oben beschriebene dem einfachen am meisten, und dieß um so mehr, je leichter und feiner der Faden und je kleiner die Kugel ist. Sehr verschieden davon sind dagegen andere physische Pendel, wie wir sie gewöhnlich an unsern Pendeluhren und ähnlichen Apparaten sehen: große Scheiben und Kugeln an Stäben, Stangen, Drähten u. dergl.; außerdem kann aber auch jeder andere beliebig gestaltete Körper als Pendel benutzt werden.

Da bei jedem physischen Pendel nur diejenigen materiellen Theilchen desselben, welche in gleicher Entfernung vom Aufhängepunkt sich befinden, nach dem zweiten Schwingungsgesetz auch gleichzeitig — isochronisch — schwingen, so kann ein solches Pendel als aus unendlich vielen einfachen Pendeln von verschiedener Länge und daher auch verschiedener Schwingungsdauer zusammengesetzt betrachtet werden; die dem Aufhängepunkt näher liegenden Punkte bestreben sich, rascher, die entfernteren, langsamer zu schwingen. Ist daher das Pendel ein starr verbundenes System von materiellen Punkten, so daß sie gleichzeitig zu schwingen gezwungen sind, so ist leicht erklärlich, daß die dem Aufhängepunkt näherliegenden Theilchen die entfernteren in ihrer Bewegung beschleunigen, und umgekehrt diese jene verzögern. Es wird somit eine mittlere Bewegung daraus hervorgehen, die nur einem einzigen Punkt in der ganzen Länge des Pendels naturgemäß eigen ist. Dieser Punkt heißt der Schwingungspunkt des materiellen Pendels, und sein Abstand vom Aufhängepunkt ist die Länge des einfachen Pendels, das mit demselben isochronisch schwingt. Annähernd findet man ihn durch Versuch, wenn man ein aus einem Kügelchen und einem Faden bestehendes Pendel durch Verkürzen oder Verlängern so regulirt, daß es mit dem in Frage stehenden isochronisch schwingt. Für eine dünne, gleichartige, an ihrem einen Ende aufgehängte Stange z. B. liegt der Schwingungspunkt um $^2/_3$ ihrer ganzen Länge vom Aufhängepunkt entfernt.

Anm. Da stets eine größere Anzahl von Punkten gleiche Entfernung vom Drehungspunkt haben, so nennt man vorzugsweise denjenigen den Schwingungspunkt, der zugleich auf der durch den Aufhängepunkt und den Schwerpunkt des Pendels gezogenen Geraden liegt.

Um sowohl bei der vorhin berührten Bestimmung des isochronisch schwingenden einfachen Pendels, als bei der Bestimmung der Schwingungszeit eines Pendels überhaupt genaue und richtige Resultate zu erzielen, muß man es stets eine größere Anzahl Schwingungen machen lassen, und aus dieser und der dazu nöthigen Zeit die Schwingungsdauer

des Pendels berechnen, wobei das erste Schwingungsgesetz sehr zu Statten kommt. Macht z. B. ein Pendel in 10 Minuten 750 Schwingungen, so ist die Schwingungsdauer $= \frac{10.60}{750} = \frac{4}{5}$ Sek.

Der Schwingungspunkt jedes physischen Pendels hat die Eigenschaft, daß er sich mit dem Aufhängepunkt vertauschen läßt, ohne daß die Schwingungsdauer des Pendels verändert wird; d. h. ein Pendel schwingt gleich schnell, ob es an irgend einem beliebigen Stützpunkt oder an dem diesem entsprechenden Schwingungspunkt aufgehängt wird.

Diese merkwürdige Eigenschaft des Pendels hat zuerst Bohnenberger benutzt, um die wahre Länge des zusammengesetzten Pendels, d. h. die Länge des einfachen Pendels von gleicher Schwingungsdauer, zu bestimmen. Wenn man nämlich an einem Pendel von der in dieser Figur angegebenen Form, dem man den Namen Reversionspendel gegeben hat, die verschiebbaren Gewichte v und w so stellt, daß dasselbe um die beiden festen Schneiden a und b isochronisch schwingt, so ist die Entfernung a b die Länge des entsprechenden mathematischen Pendels.



Hat man so die genaue Länge des einfachen Pendels, das einem gegebenen zusammengesetzten entspricht, bestimmt, so läßt sich mit Hülfe des zweiten Schwingungsgesetzes die wahre Länge jedes andern beliebigen physischen Pendels auf's Genaueste berechnen, wenn man nur die Schwingungsdauer desselben kennt.

Insbesondere bedient man sich dieser Art von Pendeln, um die Länge des Sekundenpendels für einen beliebigen Ort zu bestimmen. Da nämlich die Schwingungsdauer des Pendels nothwendig mit der Stärke der Schwerkraft auf's Innigste zusammenhängt, so wechselt die Länge des Sekundenpendels mit der geographischen Breite, wie auch mit der Höhe des Ortes über der Meeresfläche; dasselbe Pendel schwingt langsamer, je näher man dem Aequator kommt, oder je höher die Lage des Ortes ist. Unter dem Aequator, an der Oberfläche des Meeres, beträgt die Länge des Sekundenpendels 0,99086 m. oder 36,60385 Par. Zoll, an den Polen 0,99605 m. oder 36,79545 Par. Zoll.

Wie das Pendel durch diesen Unterschied wegen der leichteren Beobachtungsweise besser als fallende Körper oder direkte Wägungen dazu dienen kann, die Zunahme der Schwere gegen die Pole hin genau zu bestimmen, so ist es auch geeignet, das dritte Fallgesetz, nach welchem alle Körper gleich schnell fallen, zu beweisen. In der That haben zahlreiche

Versuche ergeben, daß der Stoff, aus dem ein Pendel besteht, keinerlei Einfluß auf seine Schwingungszeit ausübt.

Huyghens, ein holländischer Physiker, hat die Pendelschwingungen zuerst zur Regulirung der Uhren angewendet, indem er im Jahr 1658 die erste Pendeluhr verfertigte. Der Verlust, den das Pendel in seiner Bewegung durch den Widerstand der Luft und durch die Reibung erleidet, wird demselben durch die Uhrgewichte oder durch die Uhrfeder wieder ersetzt. Der langsamere oder raschere Gang dieser Uhren ist nur von der Schwingungsdauer oder von der Länge des Pendels abhängig, keineswegs aber von der Größe der angehängten Gewichte oder der Stärke der Feder. Um sie zu reguliren, hat man daher nur das Pendel bald zu verlängern, bald zu verkürzen, was durch Verrückung der sogenannten Linse geschehen kann, da mit ihr auch der Schwingungspunkt steigt und fällt.

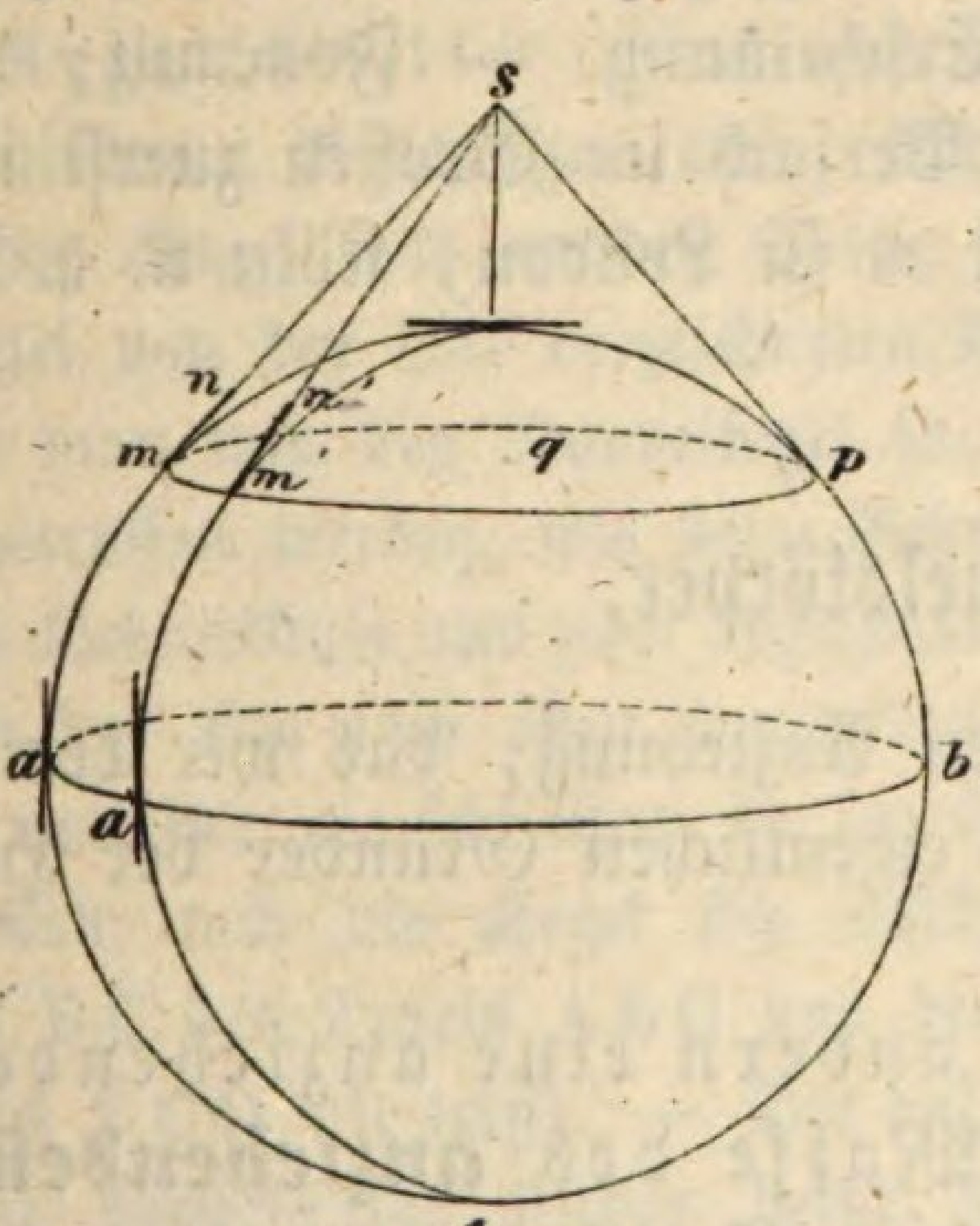


Da durch die Wärme die Pendelstange verlängert, durch die Kälte dagegen verkürzt wird, so begegnet man bei sehr genauen Uhren — Chronometern — diesem Uebelstand dadurch, daß man die Pendelstangen in der Weise aus zwei verschiedenen Metallen zusammensetzt, daß die ungleich großen Ausdehnungen und Zusammenziehungen dieser Metallstangen sich gegenseitig ausgleichen oder compensiren — daher der Name Compensationspendel. Sind z. B. in nebenstehender Figur die drei mit e bezeichneten Stangen aus Eisen, die zwei mit z bezeichneten aus Zink, so können die Längen dieser Stangen so gewählt werden, daß die Linse durch die verhältnißmäßig stärkere Ausdehnung (bei gleicher Temperaturerhöhung) der kürzeren Zinkstangen um genau so viel gehoben wird, um wie viel sie durch die im Verhältniß geringere Ausdehnung der übrigens längern Eisenstangen gesenkt wird.

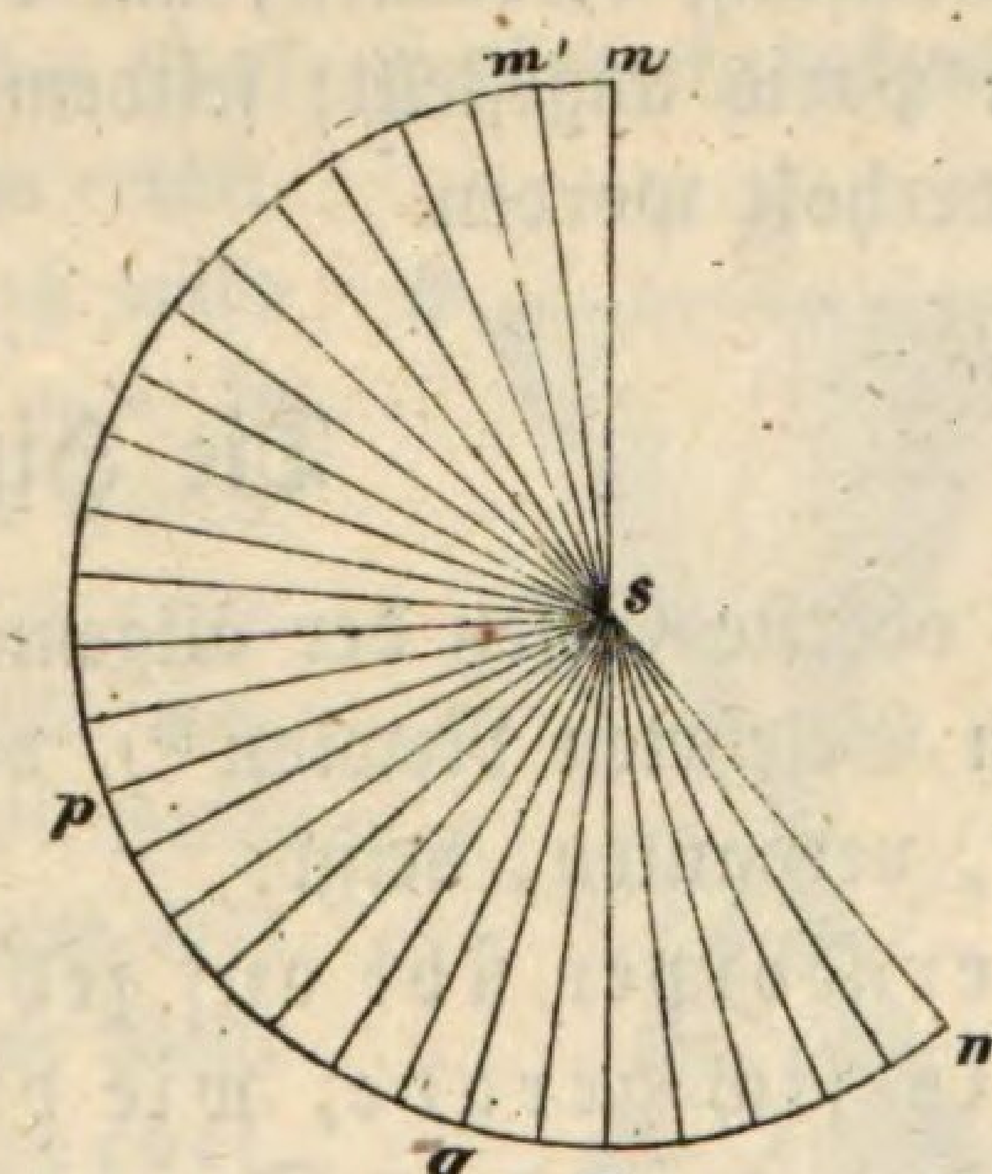
Eine sehr wichtige Anwendung hat das Pendel in neuester Zeit durch die Erfindung des französischen Physikers Foucault gefunden, dem es im Jahr 1851 gelungen ist, die Umdrehung der Erde auf dem direkten Weg des Versuchs nachzuweisen. Denkt man sich nämlich an einem der beiden Pole in der Verlängerung der Erdaxe ein Pendel aufgehängt und in Schwingung versetzt, so wird dasselbe wegen seines Beharrungsvermögens stets in derselben Schwingungsebene verharren, die durch die Gleichgewichtslage des Pendels, in welcher es nach dem Mittelpunkt der Erde gerichtet ist, und durch den Punkt, von dem aus die Schwingungen beginnen, bestimmt ist. Wenn nun aber mittlerweile die Erde sich um ihre Axe dreht, so muß diese unter der unveränderlichen Schwingungsebene hindurch in 24 Stunden einen ganzen

Umlauf machen, und es wird daher, da uns die Erde, wo immer wir uns auf derselben befinden, wegen der gemeinsamen Bewegung unserer ganzen Umgebung immer als in der Ruhe befindlich erscheint, dem Anschein nach umgekehrt die Schwingungsebene sich in einer der Erdumwälzung entgegengesetzten Richtung — also von Ost nach West — in der Art drehen, daß sie mit einer ihrer anfänglichen Lage parallelen Richtungslinie auf der Horizontebene einen immer größern Winkel — in 24 Stunden 360° — macht. Dieselbe Erscheinung müßte sich uns im Kleinen zeigen, wenn wir im Innern eines Schiffes, das in drehende Bewegung versetzt ist, ein Pendel aufhängen würden und schwingen ließen. Die Schwingungsebene des Pendels würde ebensogut, als die stets nach Norden gerichtete Magnetnadel am Compaß, während der Drehung des Schiffes unverwandt nach derselben Himmelsgegend gerichtet bleiben und es würde uns, da wir von der Drehung des Schiffes, wenn sie langsam und ohne Stoß erfolgt, in einem abgeschlossenen Raum, wo wir die äußern, in Ruhe befindlichen Umgebungen, wie das Ufer, die Sterne 2c., nicht bemerkten, keine Empfindung hätten, vorkommen, als drehe sich statt des Schiffes die Schwingungsebene des Pendels.

Der gleiche Versuch läßt sich, wie am Pol, auch an andern Punkten der Erde anstellen; der Erfolg ist aber nicht überall derselbe, wie aus dem Folgenden einleuchten wird: Versetzen wir uns z. B. auf den Pa-



1



2

rallelkreis m p, und nehmen als Richtlinie auf der Erde eine Linie m n an, die in der Horizontebene und der Einfachheit halber zugleich in der Meridianebene des Orts m liegt, so zeigt die vorstehende Figur, daß diese Linie in ihrer Verlängerung die verlängerte Erdaxe schneidet, und daß sie also in ihren aufeinanderfolgenden Lagen während einer vollen Umdrehung der Erde die Oberfläche eines Kegels (m m' p q s) — Kegelmantel — beschreibt. Diese aufeinanderfolgenden Lagen der Richtlinie

werden demnach auch hier, wie am Pol, Winkel mit einander bilden, aber die Summe derselben wird für eine volle Umdrehung der Erde nicht so groß sein, wie dort, d. h. nicht volle 360° betragen. Um uns hiervon zu überzeugen, dürfen wir uns nur den Kegelmantel — etwa nach der Linie s m — aufgeschnitten und ausgebreitet denken (Fig. 2); der von der Kreislinie m m′ p q m umschlossene Winkel m s m (in welchem eine Anzahl verschiedener Lagen der Richtlinie verzeichnet sind) stellt die Summe aller Winkel, die diese in ihrer Drehung beschreibt, dar. — Dieser Winkel (m s m) wird um so kleiner, je spitzer der Kegel selbst wird, und dieß tritt ein, je mehr wir uns dem Aequator nähern. — Am Aequator endlich beschreibt die Richtlinie a keinen Kegel mehr, sondern einen Cylinder, da ihre aufeinanderfolgenden Lagen a, a′ ꝛc. sämmtlich parallel sind.

Hieraus geht nun hervor, daß die Schwingungsebene des Pendels, welche diese drehende Bewegung der Richtlinien nicht theilt, mit einer solchen in einer gewissen Zeit einen um so größern Winkel bildet, je näher dem Pol — wo er mit 360° seine äußerste Grenze erreicht —, und einen um so kleinern, je näher dem Aequator der Versuch angestellt wird; daß aber im Aequator selbst dieser Winkel gleich Null wird, da hier die Richtlinie sich selbst parallel bleibt. —

Wir haben hier, um die Sache zu vereinfachen, die Richtlinie stets im Meridian angenommen; der Versuch zeigt indessen auch für beliebige andere Lagen derselben die ähnliche Erscheinung. — Foucault, dem wir diese Entdeckung verdanken, hat den Versuch im Großen zuerst im Pantheon zu Paris angestellt; seitdem ist er in London, Köln u. a. O. vielfach wiederholt worden.

Die Himmelskörper.

Das oberste Gesetz der allgemeinen Anziehung, das wir dem großen englischen Gelehrten Newton *), dem eigentlichen Gründer der Himmelsmechanik, verdanken, heißt:

Jeder Körper übt auf jeden andern eine anziehende Kraft aus, die sich gerade, wie die Masse des **anziehenden**, und umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung der Körper, verhält.

Hiernach übt von zwei Körpern derjenige, welcher die doppelte Masse enthält, bei gleicher Entfernung eine doppelt so große, und derjenige, welcher bei gleicher Masse die doppelte Entfernung von dem angezogenen Körper hat, eine viermal geringere anziehende Kraft auf diesen aus.

*) Isaak Newton (spr. Njuten), geb. 1642 zu Woolstrop, gest. 1727.

Der Mond, welcher ungefähr um 60 Erdhalbmesser von der Erde absteht, und also eine 60mal größere Entfernung vom Mittelpunkt der Erdanziehung hat, als die Körper an der Oberfläche der Erde, wird mit einer 60 . 60 oder 3600mal geringeren Kraft von dieser angezogen, als jene.

Dieses Gesetz hat Newton aus den von unserem großen Landsmanne **Keppler***) zuerst erkannten und ausgesprochenen Bewegungsgesetzen der Planeten abgeleitet; diese lauten:

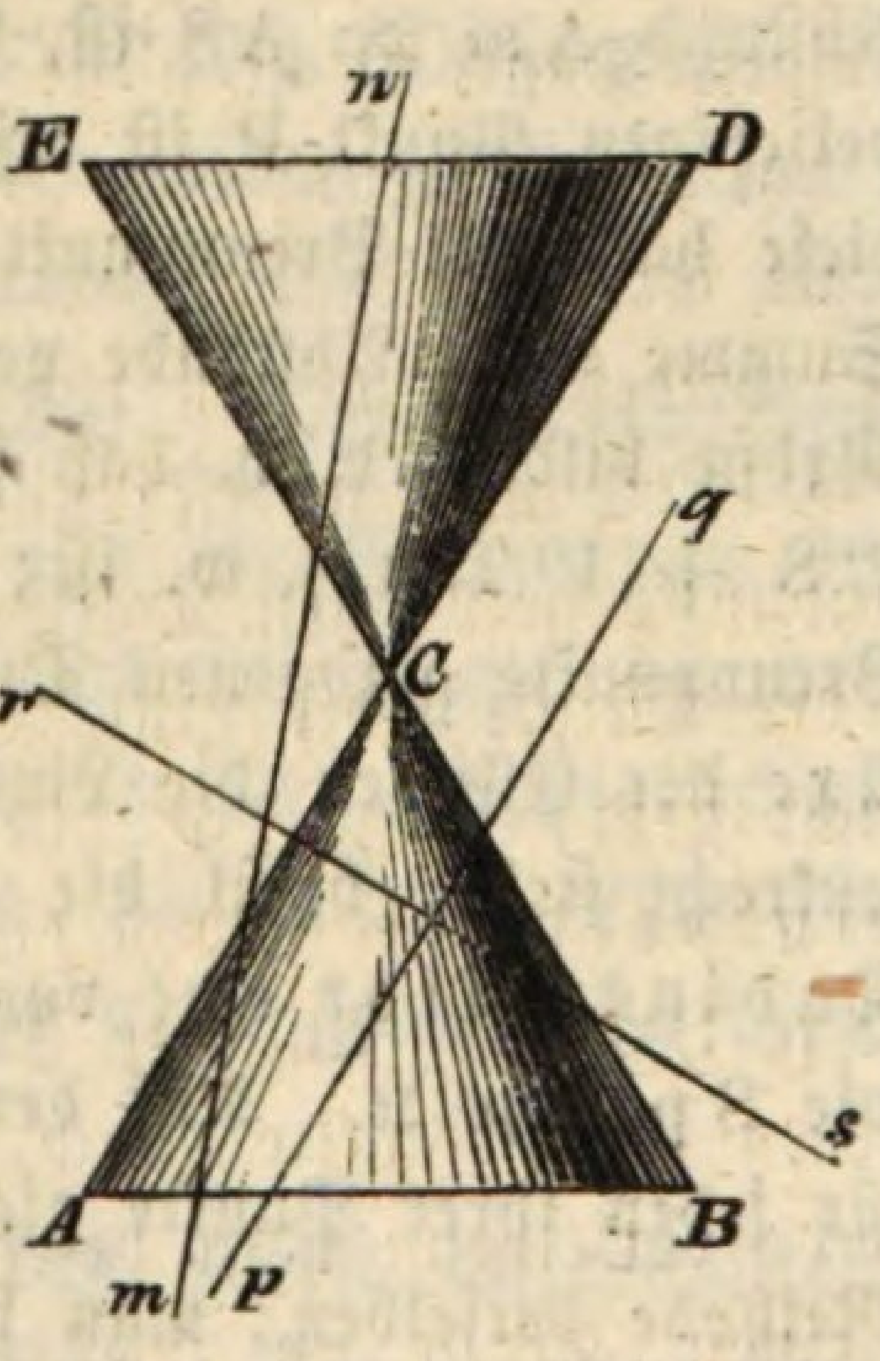
1) **Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht.**

2) **Die Bewegung eines Planeten ist um so rascher, je näher er der Sonne kommt, und zwar in dem Verhältniß, daß die in gleichen Zeiten vom Radiusvektor beschriebenen Flächenräume stets gleich sind.**

3) **Die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich, wie die Würfelzahlen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.**

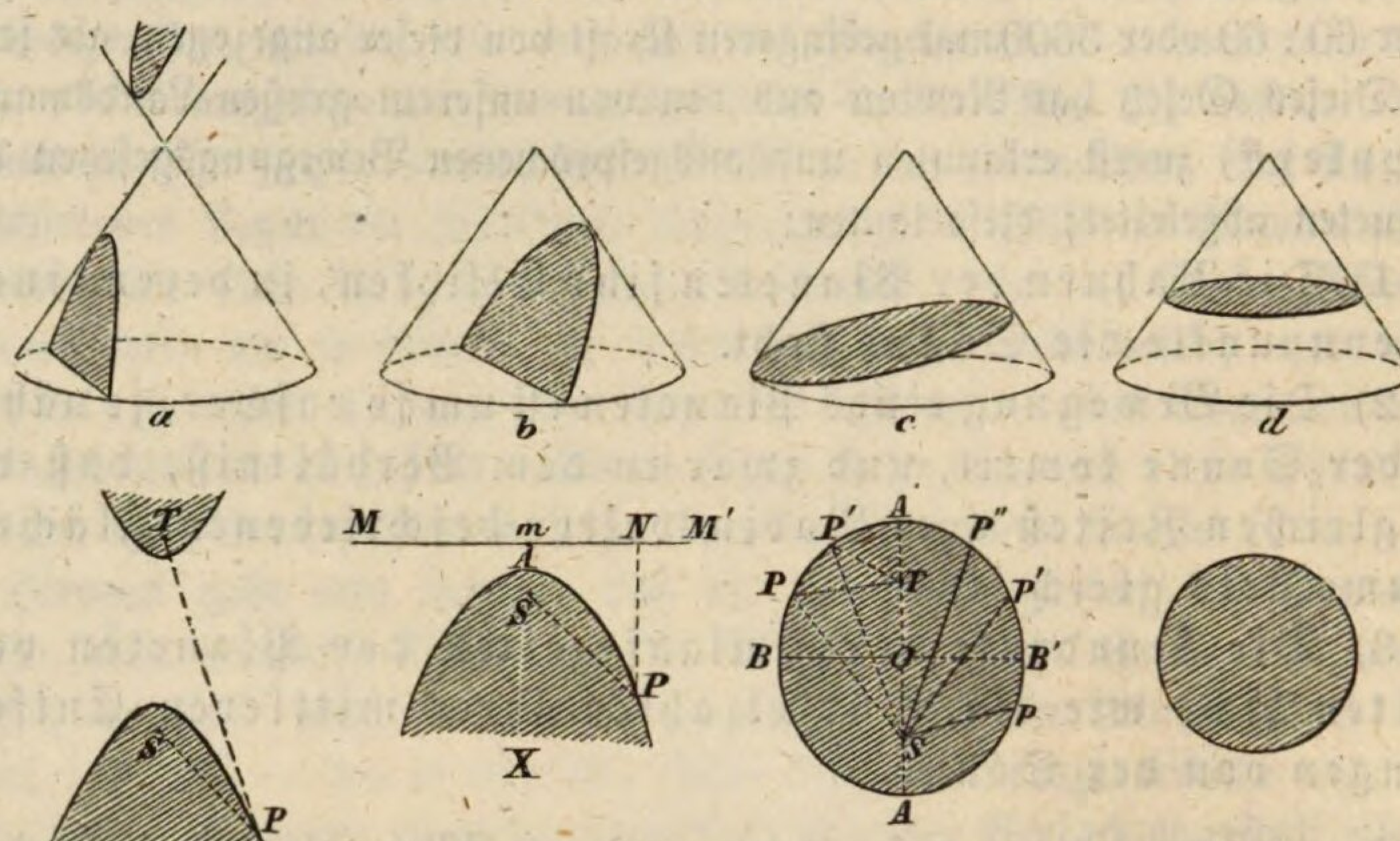
Da wir sowohl die in diesen Gesetzen genannte Ellipse, als auch die übrigen, dieser verwandten geometrischen Linien, insbesondere die Parabel, hin und wieder anzuführen genöthigt sind, so möge hier eine kurze Erklärung derselben eine Stelle finden.

Ellipse, Parabel und **Hyperbel** bezeichnet man mit dem gemeinsamen Namen „**Kegelschnitte**", weil man sie erhält, wenn man durch einen Kegel nach verschiedenen Richtungen ebene Schnitte führt. Dabei denkt man sich den gewöhnlichen Kegel stets an der Spitze in der Weise verlängert, daß man einen Doppelkegel von der hier verzeichneten Form erhält. Schneidet man nun den Doppelkegel so, daß beide Hälften getroffen werden, wie beim Schnitt m n, so besteht die Schnittlinie aus zwei abgesonderten Aesten, von denen der eine nach oben, der andere nach unten offen ist, und sich nie schließen, da der Schnitt m n, so weit man auch die Kegel sich verlängert denkt, die Seite B C des Kegels A B C und die Seite C D des Kegels E C D nie trifft. — Die auf diese Weise entstandene doppeläftige Kurve heißt **Hyperbel**. Führt man aber den Schnitt parallel mit einer Seite des Kegels, wie p q mit A D parallel ist, so entsteht eine Kurve, die nur aus einem Ast besteht, da der Kegel E C D gar nicht geschnitten wird; auch die so entstandene Kurve erstreckt sich auf einer Seite ins Unendliche, ohne sich zu schließen; — man nennt



*) Johann Keppler, geb. 1571 zu Weil der Stadt in Württemberg, gestorb. 1630.

sie Parabel. Nur die dritte Schnittlinie, die Ellipse, welche mittelst eines quer durch einen der beiden Kegel geführten Schnitts, der diesen rundum durchschneidet, wie der Schnitt rs, entsteht, bildet eine geschlossene Kurve.



In vorstehenden Figuren sind diese Linien abgebildet: a stellt die Hyperbel dar; die Punkte S und T, welche die Eigenschaft haben, daß für einen ganz beliebigen Punkt P auf dem einen oder andern Ast die Entfernungen TP und SP stets um eine und dieselbe Größe verschieden sind, heißen die Brennpunkte der Hyperbel. Bei der Parabel (Fig. b) heißt Brennpunkt derjenige Punkt S, von welchem jeder Punkt der Kurve genau dieselbe Entfernung hat, wie von der geraden Linie MM', welche auf der Axe AX der Parabel im Punkt m, dessen Abstand Am = AS ist, senkrecht steht; diese Linie heißt Leitlinie; für einen beliebigen Punkt P ist also: PS = PN. Die Figur c stellt eine Ellipse dar; diese hat zwei Brennpunkte S und T, welchen die Eigenschaft zukommt, daß die Summe ihrer Abstände von irgend einem Punkt der Kurve eine unveränderliche Größe bildet, d. h. daß für alle Punkte P, P' ... die Summe PS + PT = P'S + P'T u. s. w. ist; und zwar ist diese Summe gleich dem durch die beiden Brennpunkte gezogenen Durchmesser AA'. Dieser Durchmesser heißt die große Axe der Ellipse; die Linie BB', welche im Mittelpunkt O auf der großen Axe senkrecht steht, heißt die kleine Axe. Man nennt ferner Leitstrahl oder Radiusvektor eine von einem Brennpunkt an die Ellipse gezogene Gerade, wie Sp, Sp' 2c. Auf der Eigenschaft der Ellipse, daß die Summe PS + PT für jeden ihrer Punkte gleich groß ist, beruht eine sehr bequeme Construktions-Methode derselben: man befestigt auf einem Blatt Papier oder auf einem Brettchen einen Faden an zwei Punkten — den nachherigen Brennpunkten — so, daß derselbe nicht straff angespannt ist, fährt alsdann mit einem Bleistift, womit man den Faden immer gespannt erhält, so daß er einen Winkel bildet (in der Figur wäre SPT dieser Winkel und P die Beistiftspitze), rings herum, bis die vom Bleistift beschriebene Kurve ganz geschlossen ist. — Je näher die Brenn-

punkte einander stehen, desto mehr nähert sich die Ellipse dem **Kreis**, in welchen sie übergeht, sobald ihre beiden Brennpunkte zusammenfallen; dieser ist also nur eine besondere Art der Ellipse, und daher auch ein Kegelschnitt; man erhält ihn, wenn man einen Kegel von kreisförmiger Grundfläche parallel mit dieser schneidet (s. Fig. d.).

Nach den Keppler'schen Gesetzen sind die Bahnen, in denen sich die Planeten bewegen, Ellipsen; alle diese Ellipsen haben einen gemeinschaftlichen Brennpunkt, in welchem die Sonne steht. Je kleiner der Radiusvektor wird, d. h. je näher der Planet auf seiner Bahn der Sonne kommt, desto stärker wird er von dieser, nach dem oben aufgestellten Hauptgesetz der allgemeinen Anziehung, angezogen, und desto rascher durchläuft er folglich seine Bahn; und umgekehrt nimmt seine Geschwindigkeit ab, sobald er sich wieder von der Sonne entfernt. Diese wechselnde Geschwindigkeit ist nun nach dem zweiten Keppler'schen Gesetz von der Art, daß die in gleichen Zeiten von dem — natürlich nur gedachten — Radiusvektor durchfegten Flächenräume, wie in c der obigen Figur etwa p S p' und p' S p'' stets gleich groß sind, oder wie dieses Gesetz auch ausgedrückt werden könnte, daß die von dem Radiusvektor durchfegten Flächenräume sich genau verhalten, wie die Zeiten, in welchen der Planet die zugehörigen Kurvenstücke (p p', p' p'' ꝛc.) durchläuft. Nach dem dritten Keppler'schen Gesetz endlich verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten, wie die Würfelzahlen ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne. Bezeichnen also T und T' die Umlaufszeiten zweier Planeten, und E und E' ihre mittlern Entfernungen von der Sonne, so verhält sich $T^2 : T'^2 = E^3 : E'^3$ ($T.T : T'.T' = E.E.E : E'.E'.E'$). Diese mittlern Entfernungen sind stets gegeben durch die Längen der halben großen Axen; denn A S ist die kleinste, A' S die größte Entfernung, die mittlere also $= \frac{A'S + AS}{2} = \frac{AA'}{2} =$ der Hälfte der großen Axe. Der Merkur hat z. B. eine mittlere Entfernung von 8 Millionen und die Venus von 15 Millionen Meilen; die Umlaufszeit des ersten beträgt 88 Tage, die der letztern 224 Tage. Es muß sich daher nach dem dritten Keppler'schen Gesetze verhalten $88^2 : 224^2 = 8^3 : 15^3$, d. h. 88 . 88 zu 224 . 224 wie 8 . 8 . 8 zu 15 . 15 . 15. (Dieses Verhältniß besteht nicht genau, da diese Zahlen nur annähernde Werthe sind.)

Diese Gesetze sind eine nothwendige Folge des zuerst aufgestellten Newton'schen Gesetzes über die allgemeine Gravitation. Sie wurden aber von Keppler durch scharfsinnige Anwendung mathematischer Sätze auf die von ihm an den Planeten beobachteten Erscheinungen direkt aufgefunden und Newton schloß in ebenso genialer Weise von ihnen ausgehend zurück

— von der Wirkung auf die Ursache — auf das Grundprinzip, auf dem die Bewegungen aller Weltkörper beruhen.

Die alten Griechen (zur Zeit Homer's, 1000 J. v. Chr.) hielten die Erde für eine runde Scheibe, die von einem Strom, dem Oceanos, umflossen sei, hinter welchem der Himmel auf Säulen ruhe. Thales (590 v. Chr.) aus Milet, der schon eine Sonnenfinsterniß vorausgesagt haben soll, hielt die Erde ebenfalls für einen schwimmenden Körper, der sammt dem Meer unter, und der Luft über ihm, in die hohle Himmelskugel eingeschlossen sei. Der griechische Philosoph Pythagoras (540 v. Chr.) dachte zuerst an die Kugelgestalt der Erde und der Planeten, und lehrte, der allgemeinen Meinung zuwiderlaufend, die Sonne stehe still. Ptolemäus (160 n. Chr.) aus Pelusium war der Gründer einer neuen Weltordnung, die 14 Jahrhunderte hindurch in Geltung stand, und nach welcher die Erde den Mittelpunkt bildete, um welchen sich die andern Himmelskörper in folgender Ordnung auf kreisförmigen Bahnen bewegen sollten: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn. Kopernikus endlich (geb. 1473 zu Thorn, gest. 1543) widerlegte diese irrige Vorstellung und bildete das heutzutage herrschende, nach ihm genannte kopernikanische Weltsystem aus, nach welchem die Sonne den Mittelpunkt bildet, um welchen die Erde und die übrigen Planeten kreisen. „In der Mitte des Ganzen thront die Sonne," sagt er in dem Buch, in welchem er die Resultate seiner Forschungen zusammenstellte, das aber erst nach seinem Tode zu Nürnberg erschien, „denn wer wollte in diesem schönsten der Tempel jene Leuchte an einem bessern Orte aufhängen, als da, wo sie das Ganze beleuchten kann? So beherrscht die Sonne von ihrem königlichen Throne aus ihre herumwandelnde Sternenfamilie. Durch diese Anordnung habe ich eine bewunderuswürdige Symmetrie der Welt gefunden und eine harmonische Verbindung der Bahnen, nach ihrer Bewegung und Größe, die sich auf keine andere Art erklären läßt." Es kostete einen harten Kampf, an dem besonders Galiläi sich betheiligte, bis das neue System sich Geltung verschaffen konnte; die Entdeckungen Keppler's, Newton's u. A. mußten indessen auch den letzten Zweifel verscheuchen.

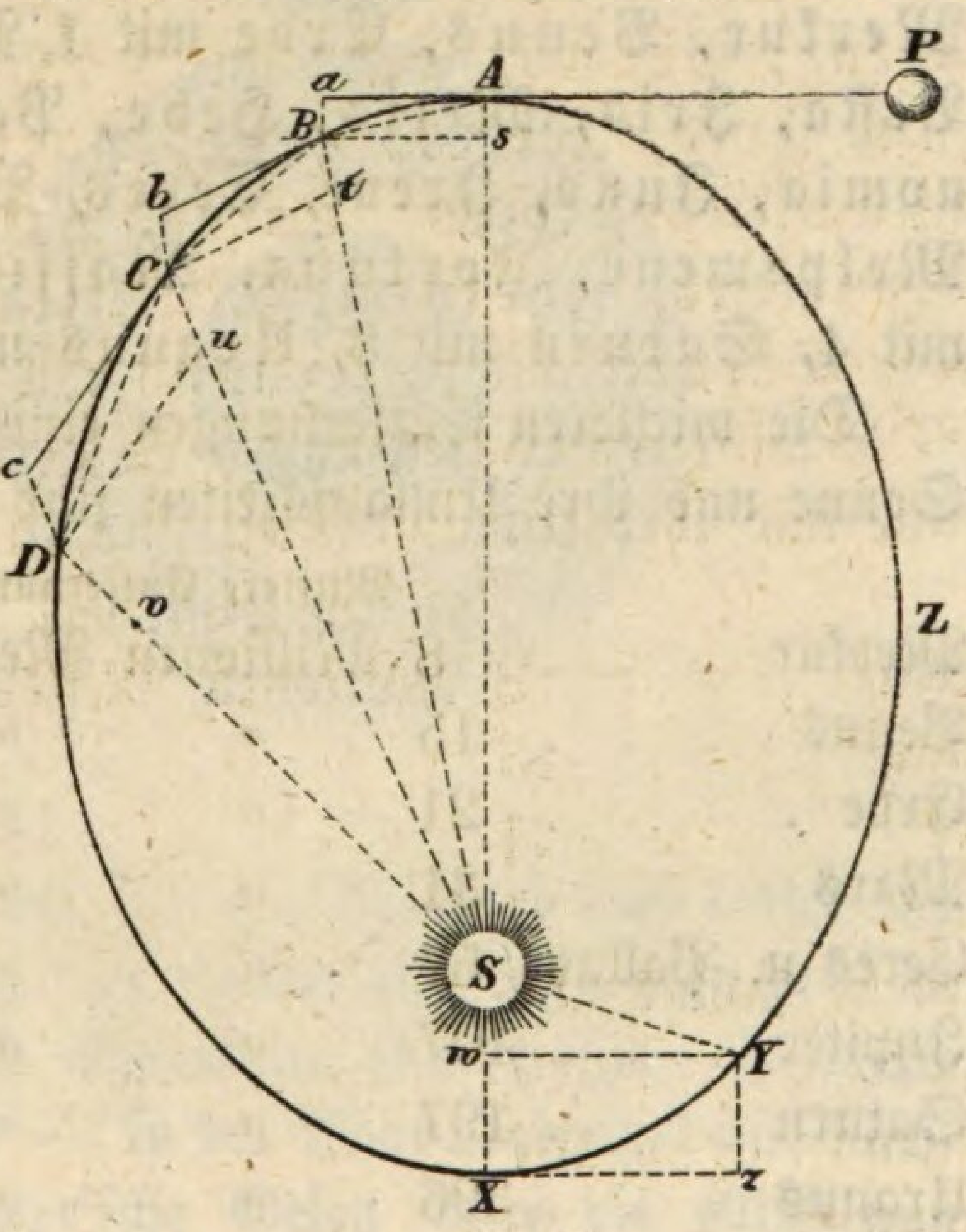
Von den Kometen allein ist noch nicht nachgewiesen, ob sie alle in Ellipsen sich bewegen; vielmehr scheinen manche unter ihnen andere Bahnen, theils Parabeln, theils Hyperbeln, zu beschreiben (die Strecken der Kometenbahnen, welche man bis jetzt beobachtet hat, waren meistens von Parabelstücken nicht zu unterscheiden), so daß sie, wenn sie sich einmal der Sonne genähert haben, und ihren Rückweg antreten, auf diesem in's Unendliche sich fortbewegen, bis sie vielleicht von einem andern Weltkörper angezogen, und dadurch eine veränderte Bahn zu betreten gezwungen werden.

Für die Kometen also, wenn wir diese den Planeten zur Seite stellen wollen, muß das erste Keppler'sche Gesetz dahin verallgemeinert werden, daß man statt der Ellipse allein alle drei Kegelschnitte — Ellipse, Parabel,

Hyperbel — in dasselbe aufnimmt; die beiden andern Gesetze gelten unverändert auch für diese Himmelskörper.

Wäre die allgemeine Gravitation die einzige Ursache der Bewegung der Himmelskörper, so müßten sie sich schon längst alle in eine große Masse vereinigt haben. Newton hat dieß schon früh erkannt und daher angenommen, daß sie im Beginn ihrer Bewegung einen Stoß erhalten haben, der sie in gerader Linie fortschleuderte. So gelang es ihm, die elliptischen Bahnen auf mathematischem Wege zu erklären, und als nothwendige Folgen seiner doppelten Voraussetzung — einer anfänglich wirkenden Stoßkraft und der allgemeinen Anziehung — nachzuweisen. — Wir wollen versuchen, dieß durch folgende Andeutungen dem Verständniß etwas näher zu rücken.

Wie wir schon bei der Wurfbewegung der Körper bemerkt haben, wird die Bewegung eines materiellen Punkts, der von zwei nach Richtung und Größe verschiedenen, gleichzeitig wirkenden Kräften angegriffen wird, nach Richtung und Geschwindigkeit durch die Diagonale eines Parallelogramms dargestellt, dessen Seiten die Richtungen und Geschwindigkeiten der den einzelnen Kräften entsprechenden Bewegungen des Punktes vorstellen.



Denken wir uns nun einen Planeten P, der in Folge eines Anstoßes im Punkt A mit einer Geschwindigkeit ankommt, vermöge welcher er in einer bestimmten Zeit nach a gelangen müßte, während genau in diesem Punkte A auch die Sonne S auf ihn wirkt und zwar in der Art, daß er ihr in Folge ihrer Anziehung in eben derselben Zeit bis nach s folgen müßte, so wird der von dem Planeten durchlaufene Weg die Diagonale A B sein. In B angekommen würde der Planet ohne die weitere Einwirkung der Sonne in einem neuen Zeittheil seine geradlinige Bahn bis b fortsetzen; er wird aber die Diagonale B C durchlaufen, wenn ihn die Sonne durch einen neuen Impuls in der Richtung B S so an sich zieht, daß er vermöge dieses Impulses in dem zweiten Zeittheil das Stück B t zu durchlaufen im Stande ist; die Bahn im dritten Zeittheil wäre unter gleichen Voraussetzungen C D u. s. w.

Da nun aber die stoßweise Wirkung der Sonne der Wirklichkeit nicht entspricht, dieselbe den Planeten vielmehr ununterbrochen anzieht, so werden

wir, wenn wir die Zeittheilchen und damit die Parallelogramme Aa Bs u. s. f. unendlich klein annehmen, ähnlich wie bei der Wurfbewegung, unschwer darauf geführt, daß der Planet kein geradliniges Vieleck, zusammengesetzt aus den Diagonalen AB, BC, CD ꝛc., sondern eine stetige Kurve ABCD ꝛc. durchläuft. Da ferner, je näher der Planet der Sonne kommt, nach dem zweiten Keppler'schen Gesetz die Stärke der Anziehung, und somit auch die Geschwindigkeit des Planeten zunimmt, weil die Wege Bt, Cu, Dv ꝛc. zugleich wachsen, so wird im Punkt X, wo der Planet der Sonne am nächsten steht, sowohl die Geschwindigkeit desselben, als auch die Stärke der Anziehungskraft der Sonne den höchsten Grad erreichen. Von X aus durchläuft der Himmelskörper die Bahn XYZ mit verzögerter Geschwindigkeit, und kommt endlich mit der gleichen Geschwindigkeit, wie wir sie am Anfang vorausgesetzt haben, wieder in A an, um unter unveränderten Bedingungen und Verhältnissen seinen zweiten Umlauf zu beginnen. — Daß die so beschriebenen Bahnen der Planeten wirklich Ellipsen sind, ist sowohl durch direkte Beobachtung, als durch mathematische Berechnung auf's Strengste nachgewiesen.

Wir kennen jetzt 30 Haupt- und 21 Nebenplaneten oder Monde: Merkur, Venus, Erde mit 1 Mond, Mars, Flora, Victoria, Vesta, Iris, Metis, Hebe, Parthenope, Egeria, Asträa, Eunomia, Juno, Irene, Ceres, Pallas, Higiea, Psyche, Thetis, Melpomene, Fortuna, Massilia, Lutetia, Thalia, Jupiter mit 4, Saturn mit 8, Uranus mit 6, und Neptun mit 2 Monden.

Die mittleren Entfernungen einiger der bekannteren Planeten von der Sonne und ihre Umlaufszeiten sind in runden Zahlen:

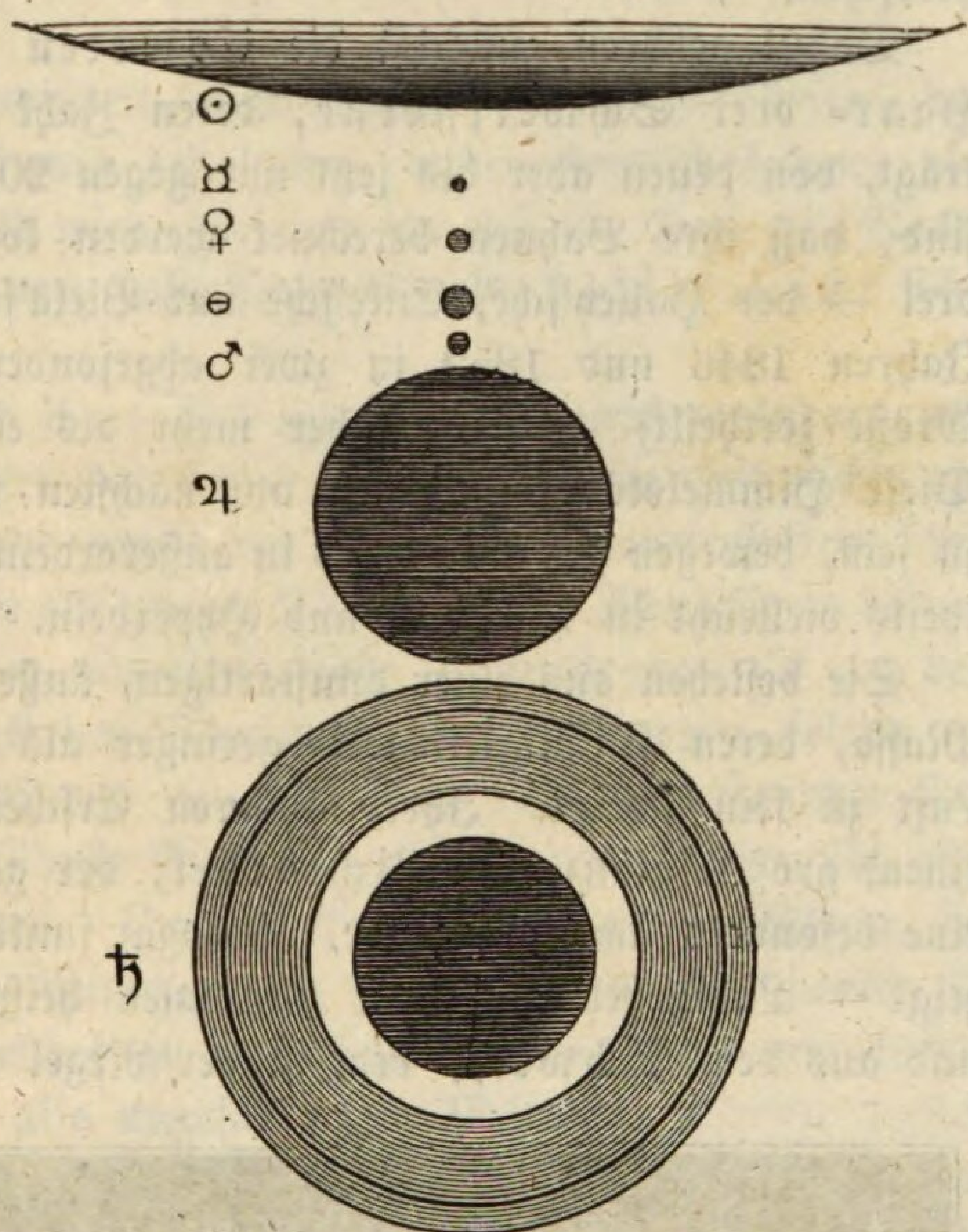
	Mittlere Entfernung.	Umlaufszeit.
Merkur . . .	8 Millionen Meilen . .	88 Tage.
Venus . . .	15 " " . .	224 "
Erde	21 " " . .	365 " = 1 Jahr.
Mars . . .	31 " " . .	1 Jahr und 321 Tage.
Ceres u. Pallas	57 " " . .	$4^2/_3$ Jahre.
Jupiter . . .	107 " " . .	12 "
Saturn . . .	197 " " . .	29 "
Uranus . . .	396 " " . .	83 "
Neptun . . .	625 " " . .	168 "

Die Alten kannten, wie wir oben bemerkt haben, außer der Erde, die sie nicht als einen Planeten betrachteten, nur folgende: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, denen sie irriger Weise Sonne und Mond beigesellten, so daß sie die 7 Tage der Woche und die 7 ihnen bekannten Metalle in folgender Weise mit jenen 7 Planeten in Uebereinstimmung brachten:

Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag
Gold	Silber	Eisen	Quecksilber	Zinn	Kupfer	Blei
Sonne	Mond	Mars	Merkur	Jupiter	Venus	Saturn
⊙	☽	♂	☿	♃	♀	♄

Die übrigen konnten, da sie dem unbewaffneten Auge nicht sichtbar sind, erst nach Erfindung der Fernröhre entdeckt werden, weßwegen sie auch telescopische heißen.

Die Größe der Planeten ist sehr verschieden: Jupiter ist dem Volumen nach 1491, Saturn 772, Uranus 86½ mal so groß als die Erde; diese dagegen ist fast 17 mal größer als Merkur und 1661 mal größer als Pallas. Die Sonne ist 1415225 mal so groß als die Erde. Die beigefügte Zeichnung soll dieses Verhältniß annähernd versinnlichen; von der Sonne selbst ist nur ein kleiner Abschnitt dargestellt; die Planeten folgen sich in der Ordnung, wie sie in ihrer Entfernung von der Sonne aufeinander kommen, nämlich: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn mit seinen Ringen.



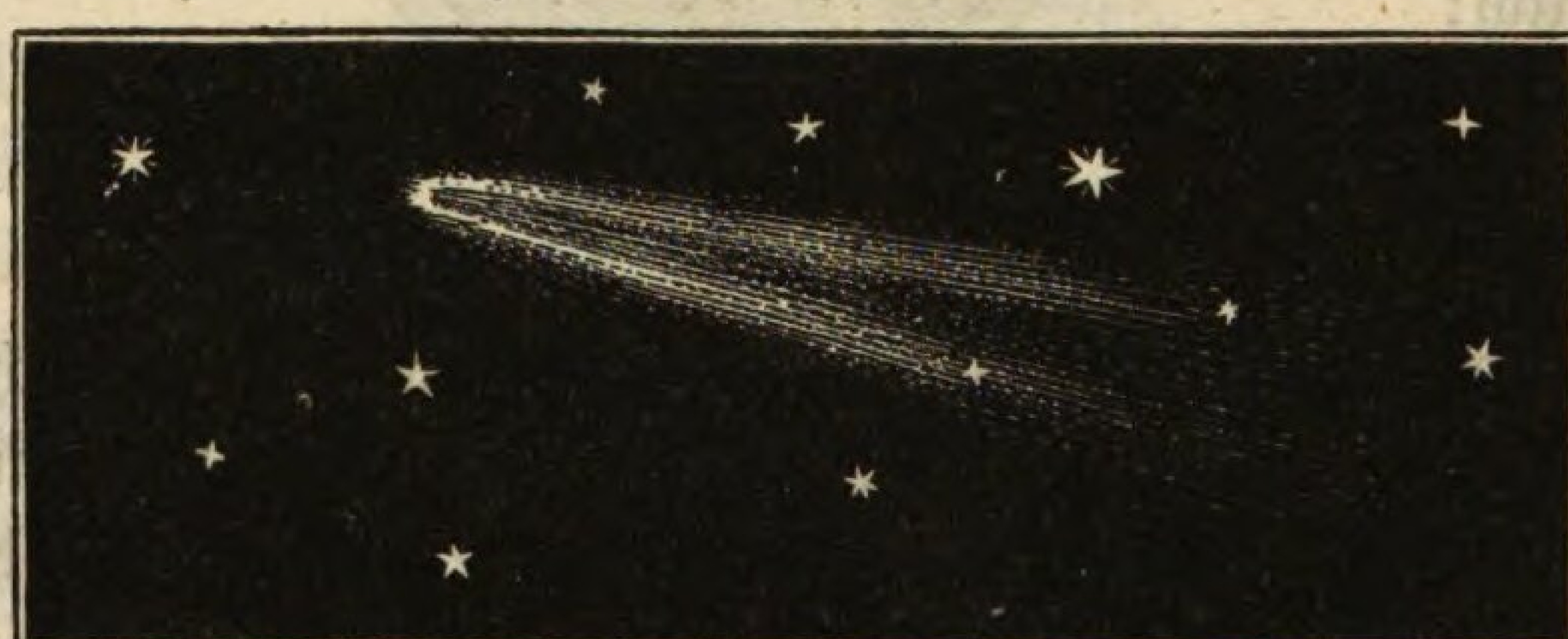
Da die Planeten nicht blos von der Sonne, sondern auch unter sich gegenseitig angezogen werden, so muß dieß nothwendig Störungen im Lauf derselben verursachen. Und diese Störungen sind — zum Triumph des Newton'schen Gravitationsgesetzes — in der That beobachtet und nachgewiesen worden, wodurch das Keppler'sche Gesetz über die elliptischen Bahnen eine ganz geringe Abänderung erleidet. Das Newton'sche Gesetz steht so unumstößlich fest, daß zwei junge Astronomen — Adams, ein Engländer, und Le Verrier, ein Franzose — aus Störungen, welchen nach der Beobachtung die Uranus-Bahn an gewissen Punkten unterworfen ist, auf Grund jenes Gesetzes den Schluß ziehen konnten, es müsse jenseits dieses Planeten noch ein weiterer, unbekannter Planet kreisen, dem jene Störungen zuzuschreiben seien. Die Astronomen suchten mit ihren

Fernröhren nach dem vorerst nur in der Rechnung existirenden Planeten, und in der That gelang es auch dem deutschen Astronomen Gall aus Berlin, ihn (im Jahr 1846) am Himmel aufzufinden; — er hat den Namen Neptun (♆) erhalten.

Außer den oben aufgezählten Planeten sammt ihren Trabanten kreisen um unsere Sonne noch mehrere Systeme von Weltkörpern der verschiedensten Art, über deren Natur zum Theil noch sehr schwankende Ansichten herrschen.

Dahin gehören zunächst die Cometen (von coma, das Haar) — Haar- oder Schweifsterne, deren Zahl vielleicht viele Tausende beträgt, von denen aber bis jetzt nur gegen 200 so genau beobachtet worden sind, daß ihre Bahnen berechnet werden konnten, und von denen nur drei — der Halley'sche, Enke'sche und Biela'sche (letzterer zeigte sich in den Jahren 1846 und 1852 in zwei abgesonderte Kometen von ungleicher Größe zertheilt) — ganz sicher mehr als einmal gesehen worden sind. Diese Himmelskörper scheinen am nächsten mit den Planeten verwandt zu sein, bewegen sich aber theils in außerordentlich lang gestreckten Ellipsen, theils vielleicht in Parabeln und Hyperbeln.

Sie bestehen aus einer dunstartigen, äußerst feinen und durchsichtigen Masse, deren Dichtigkeit weit geringer als die unserer atmosphärischen Luft zu sein scheint. Ihrer äußeren Erscheinung nach bestehen sie aus einem großen glänzenden Lichtnebel, der gegen seinen Mittelpunkt hin eine besonders stark glänzende, oft sogar funkelnde Stelle — den Kern — zeigt — Lichtnebel und Kern zusammen heißen Kopf des Cometen —, und aus dem Schweif, dem in der Regel von der Sonne abgekehrten Theil, der nach Form und Größe die größte Mannigfaltigkeit darbietet. Der Schweif ist nämlich bald einfach, bald doppelt, bald fächerartig zertheilt, bald von Nebenschweifen umgeben, bald fehlt er ganz; den größten Schweif soll der Comet von 1680 gehabt haben: seine Länge wurde auf mehr als 20 Millionen Meilen berechnet.



Die bekanntesten Cometen sind die oben genannten: der Halley'sche von 76 Jahr Umlaufszeit, der schon in den Jahren 1456, 1531 und 1607 gesehen worden sein soll, und zum letzten Mal im Jahr 1835 erschien; der Enke'sche von ungefähr $3^1/_3$ Jahr Umlaufszeit, der seit 1818 ganz regelmäßig beobachtet worden ist; der Biela'sche von $6^3/_4$ Jahr

Umlaufszeit, der zum letzten Mal im Jahr 1852 beobachtet wurde. Der schönste Comet ist der vom Jahr 1811, mit einer Umlaufszeit von 3065½ Jahren, der somit erst um das Jahr 4876 wieder erscheinen wird.

Eine weitere Gruppe von Weltkörpern, welche zu unserem Sonnensystem gehören, sind die Asteroiden, eine unzählige Menge zum Theil außerordentlich kleiner Körper, deren Bahnen die Erdbahn wahrscheinlich schneiden, und welche, wenn sie der Erde zu nahe kommen, als Sternschnuppen und Meteorsteine (s. 6. Buch) oft in ungeheurer Menge auf diese niederfallen.

Endlich scheint mit Gewißheit angenommen werden zu dürfen, daß die Sonne von einer ringförmig gestalteten, außerordentlich feinen, planetarischen Materie umkreist wird, die uns zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche (am Aequator das ganze Jahr hindurch) als Zodiakallicht sichtbar wird.

Die **Fixsterne**, welche ihren Ort am Himmel nicht verändern und daher an demselben angeheftet (lat. fixus) zu sein scheinen, sind nichts anders als Sonnen, deren jede gewiß ihr besonderes Planetensystem, wie unsere Sonne, hat, und die alle wieder Theile höherer Weltsysteme bilden, denen sie auf ihren Bahnen um eine große Centralsonne, als um den gemeinschaftlichen Mittelpunkt der Myriaden von Weltkörpern, folgen. — Die Entfernungen der Fixsterne von der Erde und untereinander sind so ungeheuer, daß sich die kühnste Einbildungskraft vergeblich bemüht, eine Vorstellung davon zu erhalten. Um ein Beispiel hievon anzuführen, bemerken wir, daß nach den Berechnungen des englischen Astronomen F. W. Herschel das Licht, welches in der Sekunde einen Weg von 42000 geogr. M., in der Stunde also ungefähr 150 Millionen Meilen zurücklegt, nahezu 2 Millionen Jahre braucht, um von den fernsten Nebelsternen, von denen uns das Fernrohr Kenntniß verschafft hat, zu uns zu kommen. Der glänzendste und der Sonne am nächsten stehende Fixstern ist der Sirius; dennoch ist seine Entfernung von uns so groß, daß das Licht, um von ihm zu uns zu gelangen, nach der Berechnung des Astronomen Bessel 9¼ Jahre braucht. —

Nach der Stärke ihres Glanzes werden die Fixsterne in Sterne 1ster, 2ter, 3ter u. s. w. Größe eingetheilt; zu den Sternen 1. Größe rechnet man etwa 20, zur 2. Gr. 65, zur 3. Gr. 190, zur 4. Gr. 425 u. s. w. Die Zahl aller, einem guten Auge sichtbaren Sterne, wohin noch die der 6. Größe gehören, beträgt ungefähr 5000. Bis zur 9. Größe zählt man ungefähr 200000 Sterne; das ganze Heer der mittelst Fernröhre sichtbaren Sterne schätzt man auf 20 Millionen.

Schon die Alten haben die am meisten hervortretenden Sterngruppen in sogenannte Sternbilder — mythologische Gegenstände darstellend —

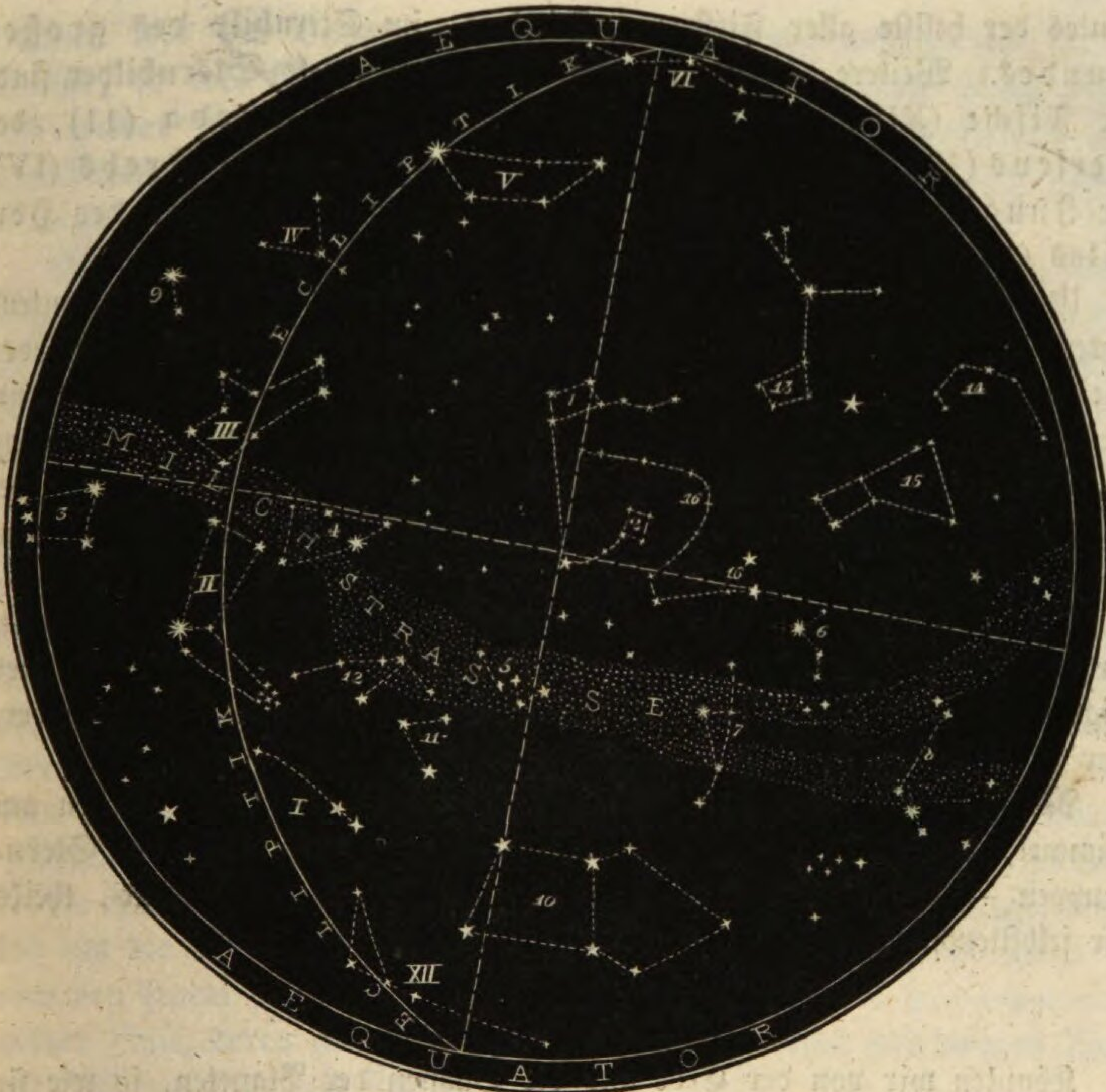




eingegrenzt, welche durch die Neuern so weit ergänzt worden sind, daß nun sämmtliche Gebiete des weiten Sternenfelds ihre besonderen Namen tragen.

Diese Zeichnungen zeigen drei solcher Sternbilder, nämlich: den großen und den kleinen Bären (auch großer und kleiner Himmelswagen genannt) und den Orion. Der große Bär enthält 6 Sterne zweiter und einen dritter Größe, die man sehr leicht am nördlichen Theil des Himmels entdeckt. Eine durch die zwei vordersten Sterne dieses Sternbilds gezogene gerade Linie trifft auf den letzten Stern im Schwanz des kleinen Bären, den Nordpolarstern (vergl. die folgende Zeichnung). Der Orion enthält zwei Sterne erster und sechs Sterne zweiter Größe, wovon drei in gerader Linie nahe bei einander liegende den Gürtel (auch Jakobsstab genannt) bilden.

In der hier angefügten Sternkarte, welche die wichtigsten Sternbilder der nördlichen Hälfte der Himmelskugel darstellt, sind die beiden Bären mit 1 und 2, und der Orion mit 3 bezeichnet. Zunächst dem Orion glänzt der Aldebaran als Stern erster Größe im Sternbild des Stiers (II); im gleichen Sternbild finden wir die Plejaden (Gluckhenne oder Siebengestirn), eine Gruppe kleiner Sterne; durchkreuzen wir vom Aldebaran aus die Milchstraße in der Richtung gegen den großen Bären, so treffen wir auf einen der schönsten Sterne des nördlichen Himmels, die Capella, im Sternbild des Fuhrmanns (4); von hier die Milchstraße entlang



ſehen wir in derſelben da, wo ſie dem Polarſtern am nächſten kommt, die fünf glänzendſten Sterne (dritter Größe) der Caſſiopeja (5), welche in der Form eines W beiſammen ſtehen. Verfolgen wir die Milchſtraße weiter, ſo tritt uns in ihrer Nähe die prachtvolle Wega im Sternbild der Leyer (6) entgegen — in ziemlich gleicher Entfernung vom Polarſtern, wie die Capella, nur auf entgegengeſetzter Seite; da, wo die Milchſtraße ſich in zwei Aeſte theilt, iſt das Sternbild des Schwans (7) mit dem Deneb, einem Stern erſter Größe; zwiſchen den beiden Aeſten der Milchſtraße, zunächſt dem Schwan, ſteht das Sternbild des Adlers (8), mit dem Stern erſter Größe Atair. Verfolgen wir die gerade Linie vom Polarſtern durch die zwei vorderſten Sterne des großen Bären, ſo ſtoßen wir auf das Sternbild des Löwen (V), mit dem Stern erſter Größe Regulus; und, wenn wir uns von da gegen die Milchſtraße — in der Richtung nach dem Orion — zurückwenden, ſo ſehen wir den Procyon, einen Stern erſter Größe des kleinen Hundes (9). Südlich vom Orion glänzt einen Theil des Jahrs in der Nähe des ſüdöſtlichen Hori-

zontes der hellste aller Fixsterne, Sirius, im Sternbild des großen Hundes. Weitere, in unserer Zeichnung angedeutete Sternbilder sind: die Fische (XII), der Pegasus (10), die Andromeda (11), der Perseus (12), der Widder (I), die Zwillinge (III), der Krebs (IV), die Jungfrau (VI), das Boot (13), die Schlange (14), der Herkules (15), der Drache (16).

Unsere Ansicht von der Bewegung der Fixsterne wird dadurch bedeutend unterstützt, daß wirklich an vielen derselben eine solche beobachtet worden ist; namentlich ist bei mehr als 400 sogenannten Doppelsternen (Sterne, welche, mit dem Fernrohr betrachtet, sich in zwei auflösen) eine Veränderung in ihrer gegenseitigen Stellung mit Gewißheit nachgewiesen, ja sogar bei einigen die Zeit, in welcher der eine einen vollständigen Umlauf um den andern macht, berechnet worden.

Die **Milchstraße** ist ein lichter Gürtel, der die Himmelskugel umgibt, an verschiedenen Punkten verschiedene Breite und verschiedenen Schimmer zeigt und aus einer unzähligen Menge sehr nahe bei einander stehender, nur durch Fernröhre erkennbarer Sterne besteht.

Nebelflecken nennt man kleine, schwach schimmernde Stellen am Himmel, die theils als der Schimmer dicht beisammen stehender Sterngruppen — sogenannter Sternhaufen — erkannt worden sind, theils für selbstleuchtende Dunstmassen gehalten werden.

Sonne, Erde, Mond.

Könnten wir von der Erde aus die Bahnen der Planeten, so wie sie im vorhergehenden Abschnitt bestimmt worden sind, unmittelbar durch die Anschauung erkennen, so hätte es keines tausendjährigen Kampfes bedurft, bis die Wahrheit zu Tage gekommen wäre. Aber die Bewegungen und Bahnen der Planeten erscheinen den Bewohnern der Erde ganz anders, als sie in Wirklichkeit sind: oft steht ein Planet wochenlang in fast unveränderlicher Stellung zwischen den Fixsternen, rückt dann plötzlich gegen Osten vor, wendet sich kurze Zeit darauf um und nimmt die entgegengesetzte Richtung an; und während so die Planeten, statt Ellipsen, die seltsamsten Linien am Himmel beschreiben, macht die Sonne, statt zu ruhen, täglich ihren Kreislauf um die für unser Auge unbewegliche Erde. — Müssen wir da nicht verwundert fragen: wie war es dem menschlichen Geiste möglich, diese verschlungenen Bahnen zu entwirren, in diesen ungeregelten Bewegungen die vollkommenste Gesetzmäßigkeit zu erkennen, von der Erde hinweg auf den Sonnenkörper sich zu versetzen, um von dort aus die Planetenbahnen, so wie sie sind, zu schauen, mit einem Wort, vom Schein zur Wirklichkeit zu gelangen? —

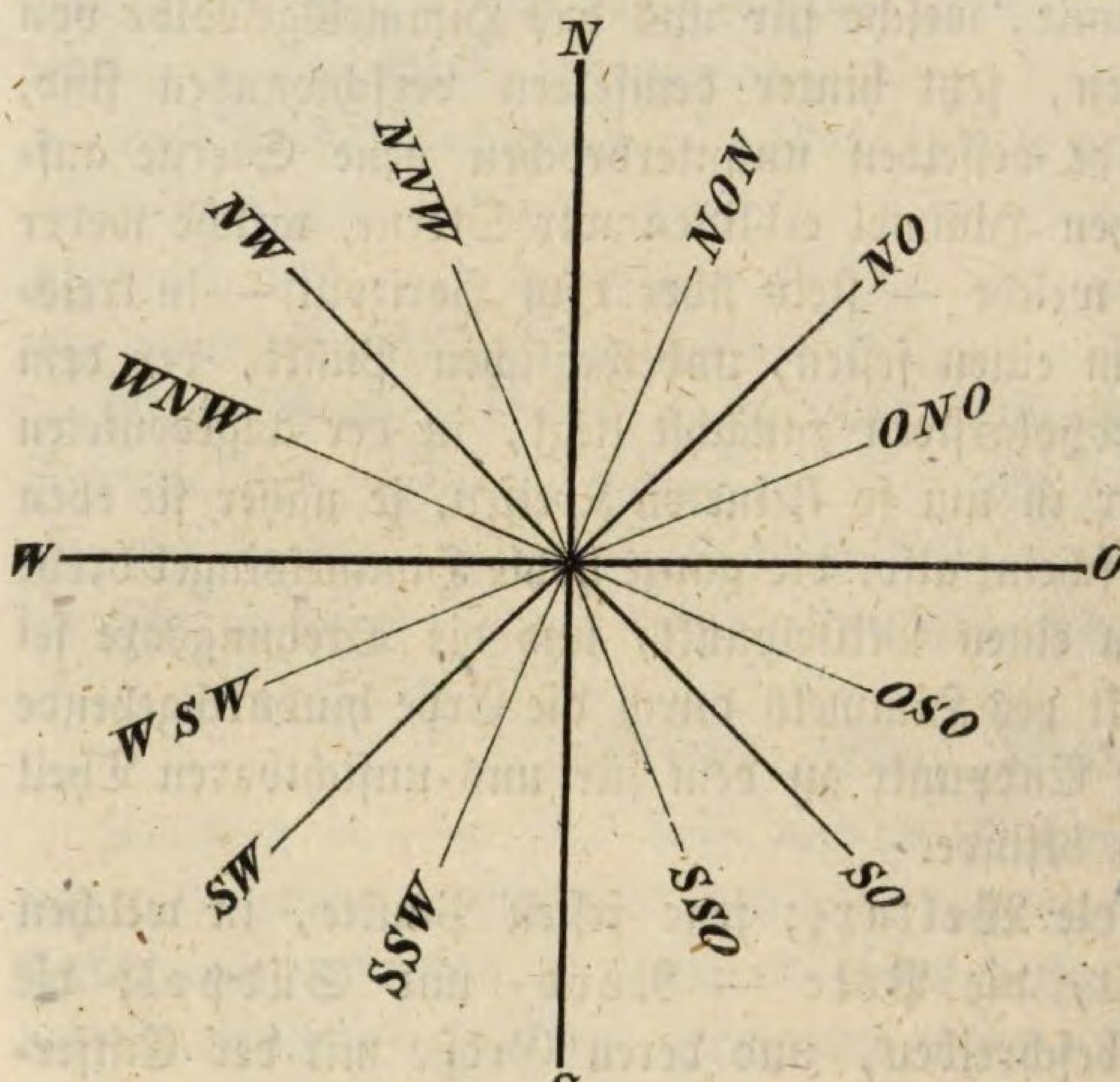
Betreten wir hier auf kurze Zeit das Gebiet der Täuschung, d. h. be-

trachten wir die Bewegungen der Himmelskörper, insbesondere die der Sonne, so wie sie uns vorkommen; es wird uns nachher gewiß leicht, uns wieder auf den sichern Boden der Wirklichkeit zu retten, und diese scheinbaren Bewegungen als nothwendige Folgen der unserer Erde eigenen Bewegung zu erkennen.

Betrachten wir in einer hellen Nacht das mit Sternen übersäte, blaue Gewölbe des Himmels längere Zeit aufmerksam, so kann uns nicht entgehen, daß mit Ausnahme einiger weniger (der Planeten) sämmtliche Sterne ihre gegenseitige Lage unverrückt beibehalten, daß sie aber alle miteinander in einer Bewegung von Ost nach West begriffen sind, so daß z. B. Sterne, die wir vor Kurzem noch über dem westlichen Rande des Horizonts, d. i. der Kreislinie, welche für uns das Himmelsgewölbe von der Erde scheidet, erblickten, jetzt hinter demselben verschwunden sind, während am östlichen Rande desselben ununterbrochen neue Sterne auftauchen. Nur am nördlichen Himmel erblicken wir Sterne, welche weder auf- noch untergehen, und welche — stets über dem Horizont — in kreisförmiger Bewegung sich um einen festen, unbeweglichen Punkt, der dem oben schon genannten Nordpolarstern zunächst liegt, in der angedeuteten Richtung drehen, und zwar in um so kleineren Kreisen, je näher sie eben diesem Punkte stehen. Es scheint also, die ganze hohle Himmelskugel drehe sich um die Erde, wie um einen Mittelpunkt, und die Drehungsaxe sei eine von jenem festen Punkt des Himmels durch die Erde hindurchgehende gerade Linie, deren zweiter Endpunkt an dem für uns unsichtbaren Theil des südlichen Himmels sich befinde.

Diese Axe heißen wir die Weltaxe; jene festen Punkte, in welchen sie die Himmelskugel trifft, die Pole — Nord- und Südpol; die Kreise, welche die Sterne beschreiben, und deren Größe mit der Entfernung von den Weltpolen wächst, heißen Parallelkreise; der größte von ihnen, in gleicher Entfernung von den beiden Polen, ist der Aequator (Gleicher, weil er die Himmelskugel in zwei gleiche Theile — nördliche und südliche Halbkugel — theilt). Die senkrechte Linie, welche wir uns durch unsern Standort gezogen denken, trifft oben und unten die Himmelskugel in Punkten, die wir mit den Namen Zenith (über unserem Haupte) und Nadir (unter uns) bezeichnen; ein durch Zenith und Weltpol gehender Kreis heißt Meridian oder Mittagskreis; dieser theilt für jeden Beobachter den über dem Horizont liegenden Theil der Himmelskugel in der Richtung von Pol zu Pol in zwei Hälften; ebenso halbirt er sowohl die über als unter dem Horizont liegenden Bogen — Tag- und Nachtbogen — der von den Sternen beschriebenen Kreise; der Durchgang eines Sterns durch den Meridian heißt seine Kulmination, und zwar obere, wenn er über dem Horizont, und

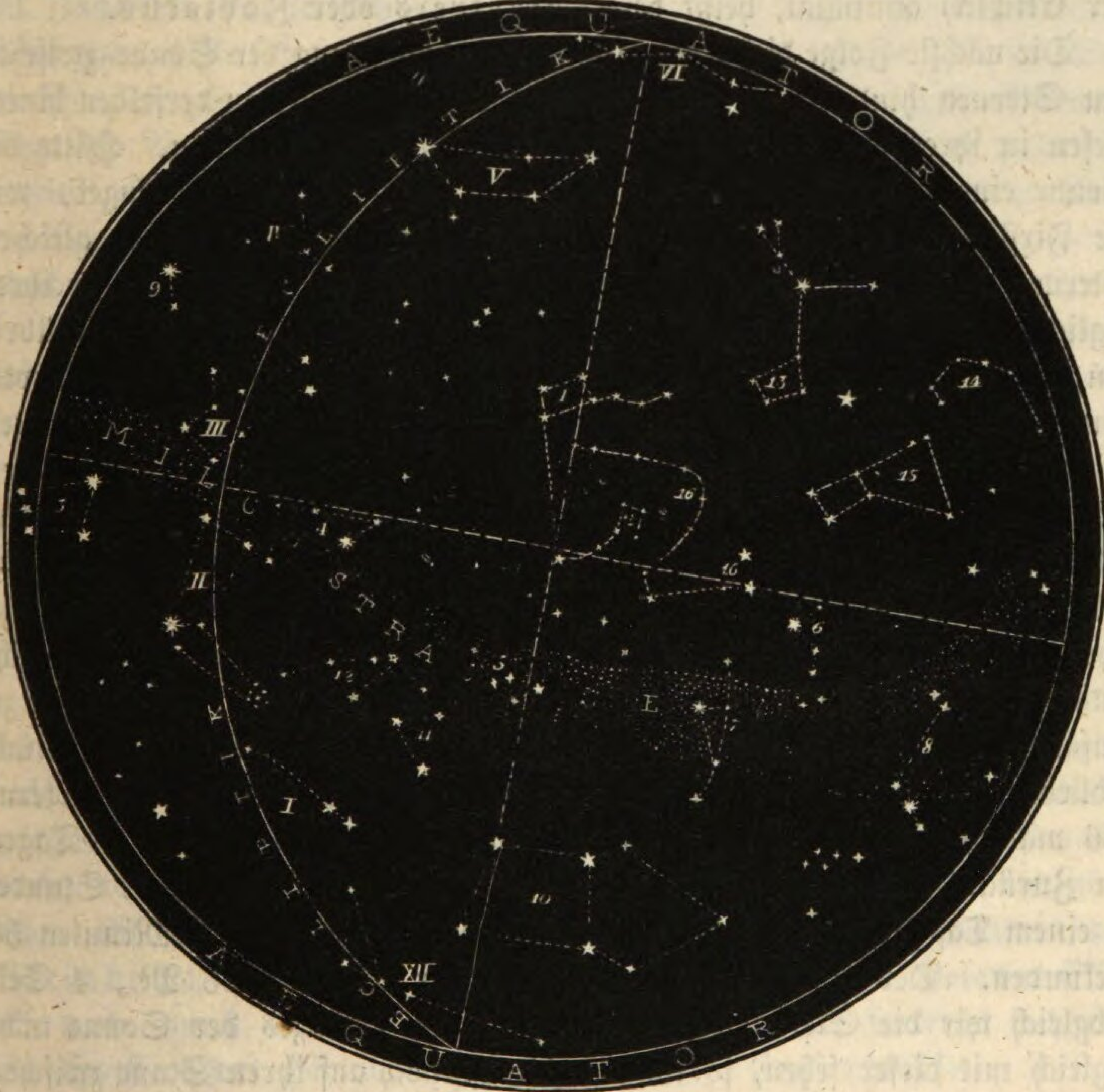
untere, wenn er unter demselben stattfindet; bei jener erreicht der Stern seine höchste Höhe über, bei dieser seine größte Tiefe unter dem Horizont. Die Punkte, in welchen der Meridian den Horizont schneidet, heißen Nordpunkt (zunächst dem Nordpol) und Südpunkt (der entgegengesetzte); zwischen ihnen, in gleicher Entfernung (90°) von beiden, liegt auf der Seite, wo die Sterne aufgehen, der Ostpunkt, auf der andern der Westpunkt. Zwischen diesen 4 Haupt-Himmelsgegenden — Osten oder Morgen, Süden oder Mittag, Westen oder Abend und Norden oder Mitternacht (gewöhnlich nur mit O, S, W und N bezeichnet) —, welche den Horizont in 4 Viertelskreise oder Quadranten theilen, hat man mehrere Unterabtheilungen gemacht, welche den ganzen Kreis in 8, 16 u. s. w. Theile theilen, die man mit Nordost — zwischen Nord und Ost —, Nordnordost — zwischen Nord und Nordost — u. s. w. bezeichnet. Die bildliche Darstellung dieser Eintheilung des Horizonts heißt Windrose (s. d. Figur). — Unter Polhöhe versteht man auf unserer Halbkugel den in Graden ausgedrückten Meridianbogen, der zwischen dem Nordpol und dem Nordpunkt liegt. Die Sterne, deren Entfernung vom Nordpol geringer ist, als die Polhöhe, gehen nie auf und nie unter; wir sehen sie stets über dem Horizont.



Die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden Culminationen eines Sterns verstreicht, heißt ein Sterntag. Dieser ist für alle Sterne gleich lang, da sie ihre gegenseitige Stellung nicht verändern; folglich müssen sie sich mit verschiedener Geschwindigkeit am Himmel bewegen: diejenigen, welche — in der Nähe des Aequators — größere Kreise durchwandern, haben eine größere Geschwindigkeit, als die, welche — näher den Polen — kleinere Kreise beschreiben.

Die **Sonne**, das große Tagesgestirn, theilt die Bewegung der Sterne, jedoch mit dem Unterschied, daß sie ihre Stellung zwischen denselben fortwährend wechselt, indem sie im Laufe eines Jahrs zugleich einen vollen Umlauf um die Himmelskugel in der Richtung von West nach Ost macht. Diese

Bahn der Sonne zwischen den Sternen hindurch ist ein größter Kreis*), welcher den Aequator in zwei entgegengesetzten Punkten unter einem Winkel von 23½ Grad schneidet. Um sich die Lage dieses Kreises — Ekliptik genannt — gegen den Aequator zu veranschaulichen, nehme man zwei gleich große Reife, schiebe den einen von ihnen, indem man ihn unmerklich zusammendrückt, durch den andern hindurch, bis die Punkte, in welchen sie sich kreuzen, einander so gegenüber stehen, daß ihre Verbindungslinie einen gemeinschaftlichen Durchmesser beider Kreise bildet, und bringe alsdann die Reife in eine solche Lage, daß sie einen Winkel von 23½ Grad (etwas mehr als den vierten Theil eines Rechtwinkels) mit einander bilden.



*) **Größte Kreise** auf der Kugeloberfläche heißen diejenigen, deren Durchmesser zugleich Durchmesser der Kugel sind; sie entstehen, wenn eine Kugel durch eine durch ihren Mittelpunkt gehende Ebene geschnitten wird. Aequator und Meridiane sind demnach ebenfalls größte Kreise.

In der vorstehenden Abbildung, welche die nördliche Hemisphäre des Himmels darstellt, ist die nördlich vom Aequator liegende Hälfte der jährlichen Sonnenbahn angegeben. Die Zahl der Sternbilder, durch welche die Ekliptik geht, und von denen auf jede Halbkugel die Hälfte kommt, beträgt zwölf; sie kommen von West nach Ost in folgender Ordnung auf einander:

♈	♉	♊	♋	♌	♏
Widder	Stier	Zwillinge	Krebs	Löwe	Jungfrau
♎	♍	♐	♑	♒	♓
Wage	Scorpion	Schütz	Steinbock	Wassermann	Fische

Die Zone (Gürtel) des Himmels, in welcher diese Sternbilder liegen, und deren Breite man gewöhnlich zu 18° (9° nördlich und 9° südlich von der Ekliptik) annimmt, heißt der Thierkreis oder Zodiakus.

Die nächste Folge dieser eigenthümlichen Bewegung der Sonne zwischen den Sternen hindurch ist ein fortwährendes Zurückbleiben derselben hinter diesen in ihrer täglichen Umdrehung von Osten nach Westen. Hätte die Sonne eine ebenso unveränderliche Stellung an der Himmelskugel, wie die Fixsterne, so würde sie das ganze Jahr hindurch mit den gleichen Sternen aufgehen, kulminiren und untergehen. Da sie aber außer ihrer täglichen Umdrehung um die Erde, die sie im Allgemeinen mit dem übrigen Sternenhimmel theilt, noch eine besondere Bewegung in der Ekliptik von West nach Ost, also in einer der täglichen Bewegung entgegengesetzten Richtung hat, so muß sie nothwendig jeden Tag mit andern, weiter gegen Osten stehenden Sternen — also später — aufgehen, kulminiren und untergehen, als Tags zuvor. Dieß macht, daß sie, wenn sie heute z. B. im Sternbild des Stiers steht, in einem Monat in dem der Zwillinge zu sehen ist, u. s. f. Am Ende eines Jahres hat sie die ganze Ekliptik durchlaufen und rückt nun wieder in das gleiche Sternbild ein, in dem sie zu Anfang des Jahres stand; dabei ist sie aber um einen ganzen Tag zurückgeblieben und hat nur ungefähr 365 Umläufe gemacht, während die Sterne 366 mal ihre tägliche Bahn durchlaufen haben. Dieß beträgt in 15 Tagen ein Zurückbleiben der Sonne gegen die Sterne von ungefähr einer Stunde, in einem Tag also von ungefähr 4 Minuten, — genauer: 3 Minuten 56 Sekunden. Der Sterntag dauert daher nur 23 St., 56 M., 4 Sek. Obgleich wir die Sterne wegen des größeren Glanzes der Sonne nicht zugleich mit dieser sehen, so können wir dennoch auf ihren Stand zwischen den Sternen schließen, wenn wir die Sternbilder des Thierkreises beobachten, die kurze Zeit vor ihr aufgehen, oder bald nach ihrem Untergang am westlichen Himmel sichtbar werden.

Eine weitere Folge der Bewegung der Sonne in der Ekliptik ist ein Hin- und Herrücken derselben von Süd nach Nord im Laufe eines Jahrs.

Während nämlich die Fixsterne Jahr aus Jahr ein an den gleichen Punkten des Horizonts auf- und untergehen, wechselt die Sonne ihren Auf- und Untergangspunkt fortwährend. Vom 22. Dezember an, wo sie am weitesten gegen Süden gerückt ist, und daher ihren kleinsten Bogen am Himmel beschreibt, geht sie jeden Tag weiter gegen Norden auf, und vergrößert ihren Tagbogen immer mehr, während gleichzeitig ihr Nachtbogen abnimmt. Am 21. März ist sie bis zum Ostpunkt vorgerückt, und geht im Westpunkt unter; ihre Bahn fällt hier mit dem Himmelsäquator zusammen, und da dieser durch den Horizont in zwei Hälften getheilt wird, so ist sie eben so lang über, als unter dem Horizont, d. h. ihr Tag- und ihr Nachtbogen sind gleich. Indem sie nun die nördliche Halbkugel betritt, steigt sie immer höher am Himmel hinauf, bis sie endlich am 22. Juni ihre höchste Höhe erreicht. Nach einem kurzen scheinbaren Stillstand wendet sie sich wieder gegen Süden zurück, gelangt mit dem 23. September zum zweiten Mal am Himmelsäquator an (Aufgang im Ostpunkt, Tag und Nacht gleich) und trifft am 22. Dezember wieder in ihrer südlichsten Stellung ein. Sie durchläuft also eine schraubenförmige Linie, die sich zu beiden Seiten des Aequators — nördlich und südlich — auf gleiche Entfernung, nämlich ziemlich genau auf 23½ Grad, erstreckt.

Die Punkte, in welchen die Sonne bei dieser Bewegung den Aequator passirt, oder, was gleichviel bedeutet, in welchen die Ekliptik den Aequator kreuzt, heißen Nachtgleiche- oder Aequinoctialpunkte, und zwar der eine, beim Uebergang der Sonne von der südlichen in die nördliche Halbkugel, das Frühlingsäquinoctium (21. März), und der andere, beim Rücktritt der Sonne von der nördlichen in die südliche Hemisphäre, das Herbstäquinoctium (23. Septemb.). Die zwei Punkte der Ekliptik, in welchen die Sonne die größte Entfernung von dem Aequator hat, heißen Sonnenwenden oder Solstitien (Solstitium = Sonnenstillstand), und zwar der auf der nördlichen Halbkugel gelegene: Sommersolstitium (22. Juni, längster Tag), und der in der südlichen Halbkugel gelegene: Wintersolstitium (22. Dez., kürzester Tag); die Parallelkreise, welche durch diese Punkte gehen, heißen Wendekreise, der nördliche: Wendekreis des Krebses, der südliche: Wendekreis des Steinbocks. Diejenigen Parallelkreise, welche durch die Pole der Ekliptik, d. h. durch die Endpunkte des auf der Ekliptik senkrecht stehenden Durchmessers der Himmelskugel gehen, heißen Polarkreise.

Die Geschwindigkeit der Sonne in der Ekliptik (man verwechsle damit nicht die Geschwindigkeit, mit welcher sie sich gleich den übrigen Sternen um die Erde dreht) ist nicht immer gleich; im Winter rückt sie schneller (am schnellsten den 1. Jan.) auf ihrer Bahn vor, als im Sommer (am langsamsten den 2. Juli); sie verweilt daher länger in der nördlichen, als

in der südlichen Halbkugel, was uns den Vortheil eines längeren Sommers verschafft. In Folge dieser Ungleichheit dauert nämlich bei uns der Frühling 92 Tage, 21 Stunden, 16 Minuten; der Sommer 93 T., 13 St., 52 M.; der Herbst 89 T., 17 St., 8 M. und der Winter 89 T., 1 St., 35 M., so daß das Sommerhalbjahr um nicht ganz 8 Tage größer ist, als das Winterhalbjahr.

Auch die Entfernung der Sonne von der Erde, und in Folge dessen der Durchmesser ihrer Scheibe, sind im Laufe des Jahres veränderlich: ihr scheinbarer Durchmesser ist nämlich am größten und ihre Entfernung von der Erde am kleinsten da, wo sie die größte Geschwindigkeit hat; umgekehrt hat sie den kleinsten scheinbaren Durchmesser und die größte Entfernung von der Erde da, wo sie sich am langsamsten bewegt.

Zuweilen erblickt man auf der Sonnenscheibe dunkle Flecken — Sonnenflecken —, welche gewöhnlich von einem grauen Nebel umgeben und nach Größe und Gestalt veränderlich sind. Herschel erklärt diese Flecken aus der Natur der Sonne selbst, die er für einen dunkeln, aber von einer leuchtenden, dunstartigen Materie umflossenen Körper hält; entstehen nun in diesem Lichtmeer — Photosphäre —, das den für sich selbst nicht leuchtenden Sonnenkern, wie die Atmosphäre die Erde, umhüllt, Oeffnungen, oder wird sie stellenweise verdünnt, so scheint die dunkle Oberfläche der Sonnenkugel an diesen Stellen durch und bildet so jene schwarzen Flecken. Außer den Sonnenflecken hat man auch besonders lichte Punkte — Sonnenfackeln — auf der Sonnenscheibe wahrgenommen, die ihr Entstehen einer stellenweise stattfindenden Anhäufung der Lichtmaterie verdanken sollen. — Aus der regelmäßigen Bewegung dieser hellen und dunkeln Stellen, in der Richtung von West nach Ost, hat man die drehende Bewegung der Sonne erkannt, nach welcher sie sich in 25½ Tagen einmal um ihre Axe dreht.

Nachdem wir nun die scheinbare Bewegung der Sonne nebst den daraus für uns sich ergebenden Erscheinungen betrachtet haben, kehren wir zu unserer frühern Annahme, die als die allein richtige auch zur allgemein herrschenden geworden ist, zurück. Nach dieser Annahme ist nämlich die Sonne den Planeten gegenüber in Ruhe, während diese, zu denen auch unsere Erde gehört, sich in elliptischen Bahnen, in deren gemeinschaftlichem Brennpunkt die Sonne steht, um dieselbe drehen.

Gelingt es uns, aus der hier vorausgesetzten Bewegung der Erde die scheinbare Bewegung der Sonne mit allen damit zusammenhängenden Erscheinungen genügend zu erklären, so muß uns, selbst wenn wir die Arbeiten eines Keppler, Newton, Bradley (der den unumstößlichsten Beweis aus dem Verhalten des Lichts geschöpft hat) u. A. bei Seite setzen, der gesunde Menschenverstand dazu treiben, uns zu Anhängern des Kopernikus

zu bekennen, ehe wir uns dahin verirren, der Sonne eine so seltsame, von der des übrigen gestirnten Himmels ganz abweichende Bewegung zuzuschreiben, ihr sammt dem zahllosen Heer der Sterne, deren Entfernungen uns schon unfaßlich erscheinen, bei ihrer täglichen Bewegung um die Erde eine Geschwindigkeit, die weit jenseits des Bereichs unserer Vorstellungen liegt, beizulegen, und diesen millionenmal größern, mit eigenem Lichte strahlenden Weltkörpern zuzumuthen, der dunkeln, winzigen Scholle, der Erde, dienstbar zu sein.

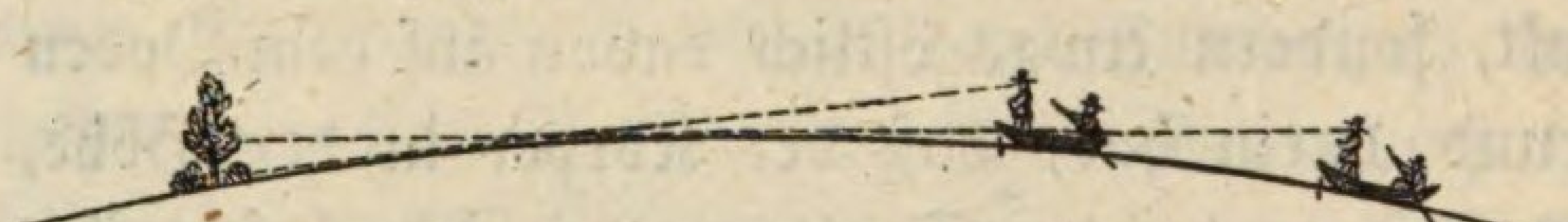
Wir wollen in Folgendem versuchen, diese Aufgabe zu lösen, nachdem wir zuvor Einiges über die Bewegung, Gestalt und Größe der Erde mitgetheilt haben werden.

Die **Erde** dreht sich, während sie gleichzeitig auf ihrer Bahn um die Sonne vorschreitet, von West nach Ost, um eine Axe, die mit der Himmelsaxe zusammenfällt und mit der Ebene ihrer Bahn einen Winkel von 66½° bildet. Manche Erscheinungen, die wir auf der Erde selbst beobachten, können nur durch die Axendrehung derselben erklärt werden, und dienen uns deßhalb zugleich als Beweise für diese selbst. Eine dieser Erscheinungen ist schon bei Gelegenheit des Pendels (s. Foucault's Versuch) beschrieben worden; ein anderer Beweis liegt in der abgeplatteten Form der Erde, worüber nachher Näheres gesagt werden wird; eine dritte Beobachtung endlich, die zu den schlagendsten Beweisen für die Axendrehung der Erde gehört, ist folgende: läßt man einen schweren Körper von einer bedeutenden Höhe herabfallen, so bemerkt man, daß derselbe nicht senkrecht unter seinem Ausgangspunkt, sondern etwas östlich davon auf dem Boden ankommt, was seinen Grund darin hat, daß der Körper in der Höhe, wegen des größeren Kreises, den er bei der Drehung der Erde beschreibt, eine größere Geschwindigkeit von West nach Ost haben muß, als der Boden, auf dem er nachher ankommt, und dem er deßhalb um ein kleines Stück voraneilt. Bei Versuchen, die im Jahr 1831 in einem Schacht bei Freiberg angestellt wurden, betrug die östliche Abweichung 12,6 Linien bei einer Fallhöhe von 488 Par. Fuß.

Die Erde ist gleich den übrigen Planeten kugelförmig. Diese Gestalt verdankt sie ihrer Entstehungsart; nach der Ansicht der Geologen soll sie nämlich ursprünglich eine dunstartige Masse — ähnlich den Cometen — gewesen sein, die, allmälig in einen dichteren Zustand übergehend, sich in einen glühend-flüssigen Ball zusammengezogen habe, bis endlich durch Abkühlung von Außen die Oberfläche zur festen Masse erstarrt und so die feste Erdrinde gebildet worden sei. Bei dieser Gestaltung bedingten hauptsächlich zwei Kräfte die äußere Form der Erde, nämlich die allgemeine Anziehung, welcher zufolge sich die noch leicht verschiebbaren Theilchen derselben in reiner Kugelform um einen Mittelpunkt anlagern

mußten, und die Schwungkraft (s. Centralbewegung, 2. Buch), welche die Kugel in ein Sphäroid verwandelte, d. h. ihr eine an den Polen, den beiden Enden der Drehungsaxe, abgeplattete Form ertheilte, indem sich da, wo diese Kraft am stärksten wirkte, d. h. am Aequator, mehr Masse anhäufte, als zu beiden Seiten desselben gegen die Pole hin, wo sie zuletzt ganz aufhört. In Folge dieser Abplattung ist der Polardurchmesser um ungefähr 6 Meilen kleiner, als der Aequatorialdurchmesser; jener beträgt nämlich ungefähr 1713, dieser 1719 geogr. Meilen (genau: der Polardurchmesser 6522278, der Aequatorialdurchmesser 6544154 Toisen); der Umfang der Erde am Aequator beträgt 5400 geogr. M. oder 20559150 Toisen, ihre Oberfläche über 9 Mill. geogr. Quadratmeilen, und ihr körperlicher Inhalt ungefähr 2600 Mill. geogr. Kubikmeilen.

Daß die Erde wirklich eine kugelförmige Gestalt hat, läßt sich aus mancherlei Erfahrungen, die wir machen, erkennen. Reisen wir in irgend welcher Richtung, zu Land oder zu Wasser, so erscheinen uns von fernen Gegenständen, denen wir uns nähern, zuerst nur die obersten Theile, z. B. von Schiffen die Mastspitzen, von Bergen die Gipfel, und später erst, wenn die dazwischen liegende Strecke Landes oder Meeres kleiner geworden ist, auch die untern Theile. Schon auf mäßig großen Seen machen wir diese Beobachtung: wenn wir uns von einem Ufer aus dem entgegengesetzten nähern, so erheben sich, je weiter wir vorrücken, die an dem letztern befindlichen Gegenstände, wie Bäume, Häuser u. drgl. immer mehr, und zeigen uns nach und nach ihre untersten Theile, die uns anfangs durch die Wölbung



(s. die Figur) des See's verdeckt waren. — Wo wir uns auf dem Meer oder auf großen, ebenen Landstrichen befinden mögen, überall ist der Horizont kreisförmig, was nur bei der Kugelgestalt der Fall sein kann. — Die vielen Weltumsegelungen — seit Magelhaen, der vom August 1519 bis September 1522 die erste machte, ist die Erde in der Hauptrichtung von Ost nach West 25mal umschifft worden — haben die Rundung der Erde, wenigstens von Ost nach West, zur Genüge dargethan. Daß sie aber auch von Süd nach Nord dieselbe Gestalt hat, beweist der Umstand, daß, wenn wir gegen Norden reisen, der Nordpolarstern und die ihn umgebenden Sterne sich immer mehr unserem Zenith nähern, und daß am nördlichen Horizont Sterne auftauchen, die uns vorher unsichtbar waren, und andere, die auf- und untergingen, allmälig so hoch sich erheben, daß sie für uns nicht mehr untergehen, während umgekehrt am südlichen Horizont die tiefer stehenden nach und nach ganz unter den Horizont zurücksinken und für uns verschwinden. Reisen wir in entgegengesetzter Richtung, von Nord nach Süd, so findet der umge-

kehrte Fall Statt. — Ueberdieß läßt sich aus der Kugelgestalt der Sonne, des Monds und der Planeten, die wir durch das Fernrohr zu erkennen im Stande sind, schließen, daß auch die Erde dieselbe Gestalt habe.

Zur leichten und genauen Ortsbestimmung auf der Erde denkt man sich auf ihrer Oberfläche ein Netz von Kreislinien gezogen, die theils mit dem Aequator, der mit dem Himmelsäquator in einerlei Ebene liegt und die Erde in zwei Hälften — südliche und nördliche Halbkugel — theilt, parallel laufen, theils — den Meridianen der Himmelskugel entsprechend — durch die beiden Erdpole gehen. Jene, welche um so kleiner sind, je weiter sie gegen die Pole hin liegen, heißen Parallel- oder Breitenkreise, diese, die alle einander gleich und größte Kreise sind, heißen Meridiane oder Längenkreise. Jeder Meridian theilt ebenfalls die Erde in zwei Hälften. Sowohl auf dem Aequator, als auf den Meridianen trägt man 360 Grade auf, die zu genaueren Bestimmungen auch noch in Minuten und Sekunden eingetheilt werden. Durch jeden Theilpunkt des Aequators geht ein Meridian, und durch jeden Theilpunkt eines Meridians ein Parallelkreis. Einer der Meridiane wird als der erste betrachtet; die Franzosen nehmen als solchen den Meridian der Pariser Sternwarte, die Engländer den der Sternwarte zu Greenwich, und wir Deutsche denjenigen an, der durch die Insel Ferro (eine der canarischen Inseln), 20° westlich von der Pariser Sternwarte, geht. Der erste Meridian theilt die Erde in die östliche und westliche Halbkugel.

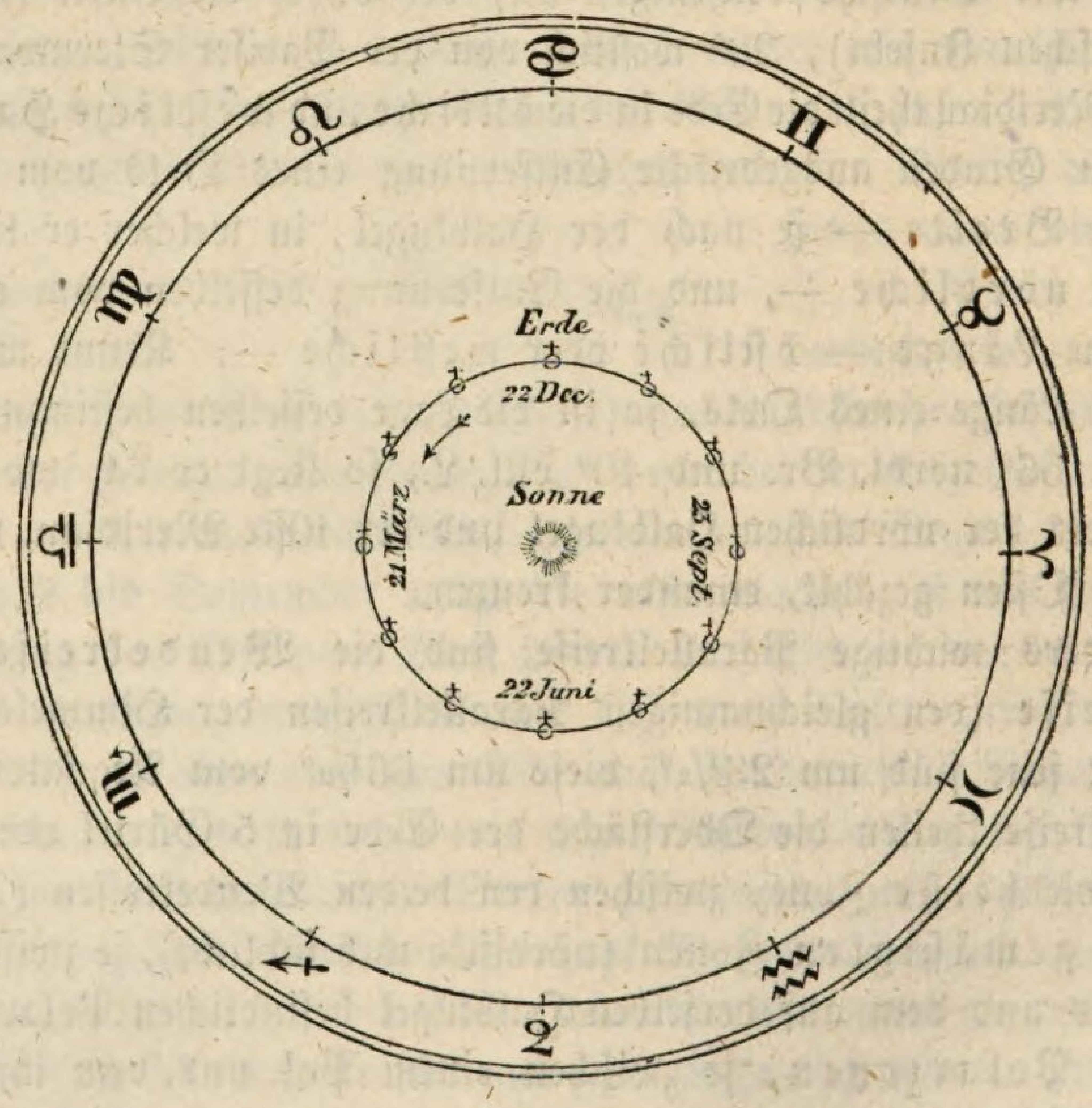
Die in Graden ausgedrückte Entfernung eines Orts vom Aequator heißt seine Breite — je nach der Halbkugel, in welcher er liegt, südliche oder nördliche —, und die Entfernung desselben vom ersten Meridian seine Länge — östliche oder westliche —. Kennt man sowohl Breite als Länge eines Orts, so ist die Lage desselben bestimmt; hat der Ort z. B. 56° nördl. Br. und 40° östl. L., so liegt er da, wo der 56ste Parallelkreis der nördlichen Halbkugel und der 40ste Meridian, vom ersten aus gegen Osten gezählt, einander kreuzen.

Besonders wichtige Parallelkreise sind die Wendekreise und die Polarkreise (den gleichnamigen Parallelkreisen der Himmelskugel entsprechend); jene sind um 23½°, diese um 66½° vom Aequator entfernt. Diese 4 Kreise theilen die Oberfläche der Erde in 5 Gürtel oder Zonen, nämlich: die heiße Zone, zwischen den beiden Wendekreisen (Tropen), die beiden gemäßigten Zonen (nördliche und südliche), je zwischen einem Wendekreis und dem auf derselben Halbkugel befindlichen Polarkreis, und die beiden Polarzonen, je zwischen einem Pol und dem ihm zunächst liegenden Polarkreis.

Die Erde dreht sich in 24 Stunden einmal um ihre Axe; jeder Punkt des Aequators legt also in dieser Zeit einen Weg von 5400 Meilen zu-

rück; die übrigen Punkte der Erdoberfläche haben eine um so geringere Geschwindigkeit, je kleiner die Breitenkreise sind, auf denen sie liegen. In Folge dieses Vorrückens unseres Standorts von West nach Ost, erheben sich die Sterne im Osten und sinken im Westen unter, und im Laufe eines vollen Tages haben wir den Anblick des ganzen Himmelsgewölbes — so weit es uns nicht durch die Erdkugel selbst verdeckt ist — gehabt, was uns, wie wir früher gesehen haben, vorkommt, als habe sich die Himmelskugel einmal um die Erde gedreht. Auch die Sonne geht uns im Osten auf und im Westen unter; der ihr zugewandte Theil der Erdoberfläche hat Tag, der von ihr abgekehrte Nacht; würde sich die Erde nicht um ihre Axe drehen, so hätte ein Theil ohne Unterbrechung Tag, der andere immer Nacht.

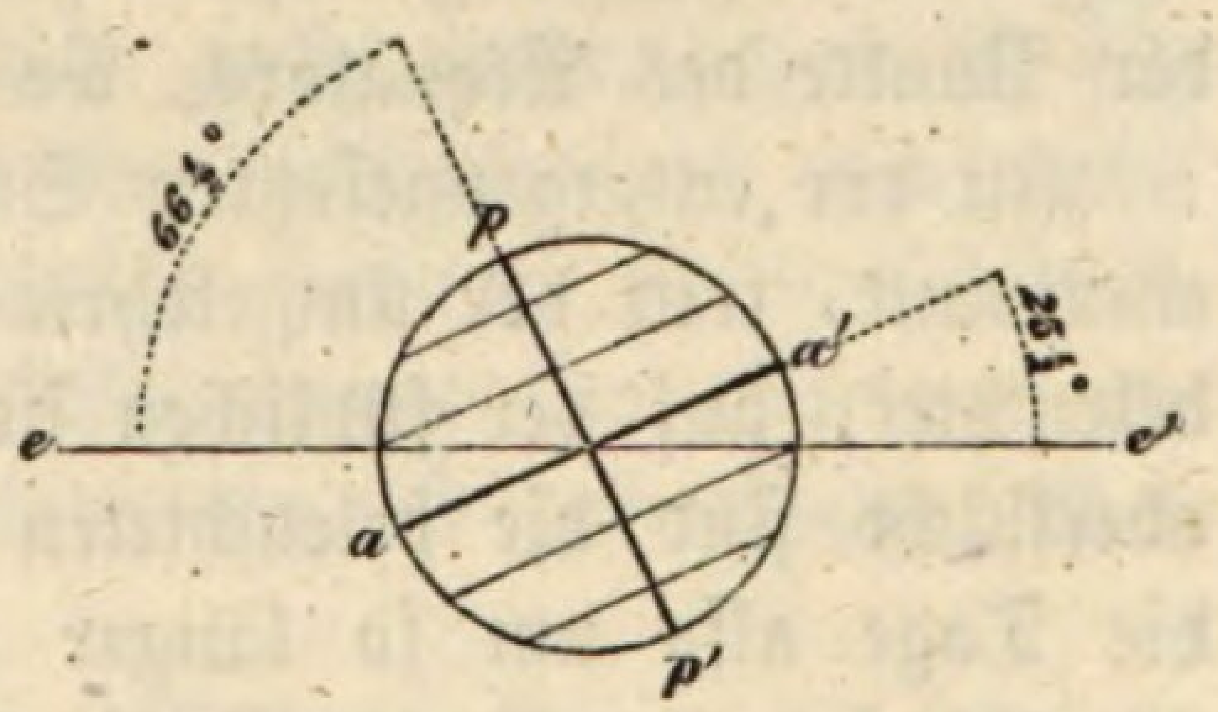
Außer dieser Bewegung hat die Erde, wie wir gesehen haben, noch eine zweite: sie durchläuft nämlich in 365 Tagen, 5 Stunden, 48 Minuten und 45 Sekunden, d. i. in einem Jahr, ihre ungefähr 130938000 Meilen lange Bahn um die Sonne mit einer Geschwindigkeit von etwa 4 Meilen in 1 Sekunde. Diese Bewegung macht, daß wir die Sonne nicht immer an dem gleichen Punkt des Himmels stehen sehen, sondern daß sie einen Kreislauf am Sternenhimmel zu machen scheint.



Es stelle in vorstehender Zeichnung der äußerste doppelte Ring die Himmelskugel vor, an welcher die Sternbilder des Thierkreises in gleichen Entfernungen (in Wirklichkeit haben sie ungleiche Ausdehnung) vertheilt

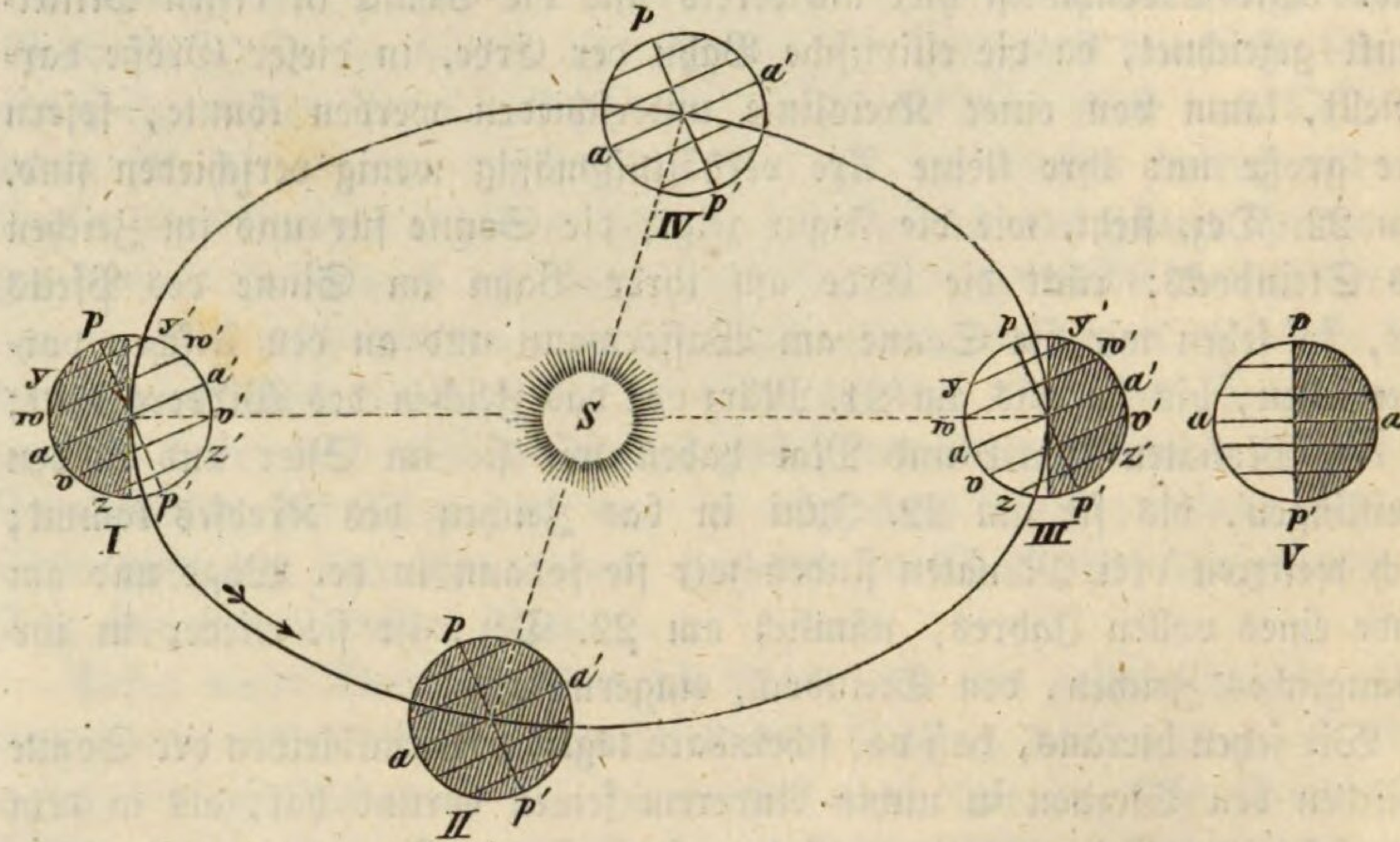
sind. Die Erdbahn ist hier als Kreis und die Sonne in dessen Mittelpunkt gezeichnet, da die elliptische Bahn der Erde, in dieser Größe dargestellt, kaum von einer Kreislinie unterschieden werden könnte, sofern ihre große und ihre kleine Axe verhältnißmäßig wenig verschieden sind. Am 22. Dez. steht, wie die Figur zeigt, die Sonne für uns im Zeichen des Steinbocks; rückt die Erde auf ihrer Bahn im Sinne des Pfeils vor, so sehen wir die Sonne am Wassermann und an den Fischen vorüberziehen, bis sie uns am 21. März vor das Zeichen des Widders tritt; in den Monaten April und Mai haben wir sie im Stier und in den Zwillingen, bis sie am 22. Juni in das Zeichen des Krebses kommt; nach weiteren drei Monaten finden wir sie sodann in der Wage und am Ende eines vollen Jahres, nämlich am 22. Dez., ist sie wieder in ihr anfängliches Zeichen, den Steinbock, eingerückt.

Wir sehen hieraus, daß das scheinbare tägliche Zurückbleiben der Sonne zwischen den Sternen in nichts Anderem seinen Grund hat, als in dem Vorrücken der Erde auf ihrer Bahn, so daß die Sonne in der gleichen Zeit die ganze Ekliptik zu durchlaufen scheint, in welcher die Erde einen vollen Umlauf um die Sonne macht. Zugleich geht nothwendig hieraus hervor, daß die Erdbahn mit der Ebene der scheinbaren Sonnenbahn, d. h. der Ekliptik, zusammenfällt, und, als weitere Folge, daß die Erdaxe nicht senkrecht auf der Ebene ihrer Bahn steht. Wäre dieß der Fall, so müßte der Aequator mit der Ekliptik-Ebene zusammenfallen; da aber Aequator und Ekliptik einen Winkel von 23½° mit einander bilden, so muß die Erdaxe schief und zwar unter einem Winkel von 66½° auf der Erdbahn stehen, wie dieß in der angefügten Zeichnung dargestellt ist, in welcher e e′ ein kleines Stück der Erdbahn, a a′ den Aequator und p p′ die Erdaxe vorstellt.



Diese schiefe Stellung der Erdaxe zu ihrer Bahn macht, daß die Sonne Tag für Tag an einem andern Punkte aufgeht, indem sie bald von Süden nach Norden vorzurücken scheint, und immer länger über unserm Horizonte verweilt, bald sich rückwärts von Norden nach Süden bewegt, und immer kleinere Bogen am Himmel beschreibt.

In der nachstehenden Zeichnung sei S die Sonne; I, II, III und IV seien vier verschiedene Stellungen der Erde auf ihrer Bahn; a a′ sei der Aequator, w w′ und v v′ die beiden Wendekreise, y y′ und z z′ die beiden Polarkreise, p der Nordpol und p′ der Südpol. I entspricht der Stellung der Erde am 22. Dez.: die Nordpolarzone y p y′ empfängt kein Licht unmittelbar von der Sonne; die übrige nördliche Halbkugel ist zum



größern Theil im Schatten, während die südliche Halbkugel zum größern Theil, und die Südpolarzone z p' z' ganz von der Sonne beschienen ist; dreht sich also die Erde um ihre Axe, so bleibt es auf allen nördlich von dem Parallelkreis y y' liegenden Punkten der Erde Nacht, auf den übrigen Theilen der Erde ist es um so länger Tag, je weiter sie südlich liegen und auf der Südpolarzone z p' z' geht die Sonne gar nicht unter; Tag- und Nachtbogen sind zugleich überall verschieden, mit Ausnahme der Punkte des Aequators, wo sie ganz gleich sind.

In der entgegengesetzten Stellung III, welche die Erde am 22. Juni einnimmt, tritt der umgekehrte Fall ein: die nördliche Polarzone ist ganz beleuchtet, auf der südlichen ist es überall Nacht; auf der übrigen Erdoberfläche sind die beleuchteten Bogen der Parallelkreise um so größer, die Tage also um so länger und die Nächte um so kürzer, je weiter nördlich der betreffende Punkt liegt; aber auch hier ist der Aequator zur Hälfte beleuchtet und zur Hälfte dunkel, Tag und Nacht auf demselben also wiederum gleich lang.

In den Zwischenstellungen II und IV, die dem 21. März und 23. Sept. entsprechen, bildet die Grenze zwischen Licht und Schatten einen Meridian, geht somit durch beide Pole und halbirt alle Parallelkreise; dreht sich daher die Erde um ihre Axe, so hat jeder Punkt ihrer Oberfläche ebensolang Licht als Schatten, d. h. Tag und Nacht sind überall gleich.

Bei I ist der Südpol, bei III der Nordpol der Sonne zugekehrt. Dort treffen die Sonnenstrahlen die nördliche Halbkugel in sehr schiefer Richtung, und haben daher nur eine geringe wärmende Kraft, was in

Verbindung mit der kurzen Dauer der Tage unsere kalte Jahreszeit — den Winter — verursacht; hier im Gegentheil fallen die Sonnenstrahlen theils beinahe, theils ganz senkrecht auf die nördliche Halbkugel, und die Sonne verweilt den größern Theil des Tages am Himmel — wir haben Sommer. Umgekehrt hat die südliche Halbkugel bei I Sommer und bei III Winter.

In den Stellungen II und IV haben beide Hemisphären gleiche Lage gegen die Sonne; auf beiden herrschen die mittleren Jahreszeiten, und zwar — die Bewegung der Erde in der Richtung des Pfeils angenommen — hat in II die nördliche Halbkugel Frühling und die südliche Herbst, und in IV jene Herbst, diese Frühling.

In I steht die Sonne bei ihrer Culmination, d. h. Mittags, den Bewohnern des südlichen Wendekreises (v v′) — Wendekreis des Steinbocks —, in III dagegen den Bewohnern des nördlichen Wendekreises (w w′) — Wendekreis des Krebses — im Zenith. (Ein Bewohner des Parallelkreises v v′ hat nämlich bei I Mittag, und die Sonne kulminirt für ihn, wenn er in dem Punkt v′ angekommen ist; dasselbe findet für einen Bewohner des Parallelkreises w w′ bei III Statt, wenn er in dem Punkt w ankommt.) — Auf beiden Wendekreisen tritt dieser Fall jährlich nur einmal ein, während den Bewohnern der übrigen zwischen beiden Tropen gelegenen Punkte der Erde die Sonne jährlich zweimal über dem Scheitel steht. An den außerhalb der Tropenzone gelegenen Oertern erreicht die Sonne nie das Zenith. An den beiden Polen geht die Sonne, wenn sie einmal aufgegangen ist, 6 Monate lang nicht mehr unter, indem sie sich nahe am Horizont und fast parallel mit ihm herumbewegt und dabei spiralförmig bis zu einer gewissen Höhe erhebt; nachdem sie ihre höchste Höhe erreicht hat, kehrt sie in ähnlichen Windungen zum Horizont zurück, und verschwindet endlich unter demselben, um erst nach einem halben Jahre wieder zu erscheinen.

Wie ganz anders würde sich die Sache gestalten, wenn, wie bei V der obigen Figur, die Erdaxe auf ihrer Bahn senkrecht stünde! Während bei der schiefen Stellung der Erdaxe, wie aus dem bisher Gesagten hervorgeht, mit Ausnahme des Aequators, wo das ganze Jahr hindurch Tag und Nacht gleich sind, und der Pole, an welchen Tag und Nacht je ein halbes Jahr dauern, an allen Punkten der Erdoberfläche die Länge der Tage und Nächte, der Stand der Sonne am Himmel, die Temperatur u. s. w. beständig wechseln, und dadurch jene Mannigfaltigkeit in Natur und Leben erzeugen, die uns im Wechsel der Jahreszeiten so viele Reize finden läßt: würden, wenn die Erdaxe senkrecht auf der Ekliptik stände, überall auf der Erde Jahr aus Jahr ein Tag und Nacht gleich bleiben. Unter den Tropen eine ewige, Alles versengende Sommerhitze,

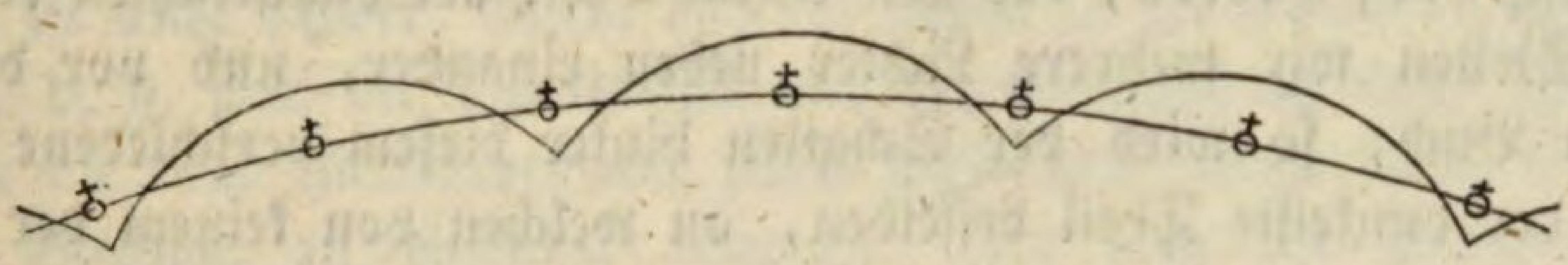
in einem Theil der gemäßigten Zonen ein ewiger Frühling, mit viel Blüthen aber wenig reifen Früchten, und in den übrigen, den Polen näher liegendeu Gegenden eine nie zum Leben erwachende, erstarrte Natur — dieß wären die nothwendigen Folgen einer solchen Stellung der Erdaxe.

Mit Rücksicht auf die Dauer der längsten Tage an verschiedenen Punkten der Erde theilt man diese in 30 sogenannte *Lichtklimate* ein; sie sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

	Breite.	Dauer des längsten Tags.		Breite.	Dauer des längsten Tags
1	8° 34'	12½ Stunden	16	63° 23'	20 Stunden
2	16° 45'	13 "	17	64° 11'	20½ "
3	24° 12'	13½ "	18	64° 50'	21 "
4	30° 48'	14 "	19	65° 22'	21½ "
5	36° 31'	14½ "	20	65° 48'	22 "
6	41° 24'	15 "	21	66° 8'	22½ "
7	45° 32'	15½ "	22	66° 21'	23 "
8	49° 2'	16 "	23	66° 29'	23½ "
9	52° 0'	16½ "	24	66° 42'	24 "
10	54° 31'	17 "	25	67° 23'	1 Monat
11	56° 38'	17½ "	26	69° 50'	2 "
12	58° 27'	18 "	27	73° 39'	3 "
13	60° 0'	18½ "	28	78° 31'	4 "
14	61° 9'	19 "	29	84° 5'	5 "
15	62° 26'	19½ "	30	90° 0'	6 "

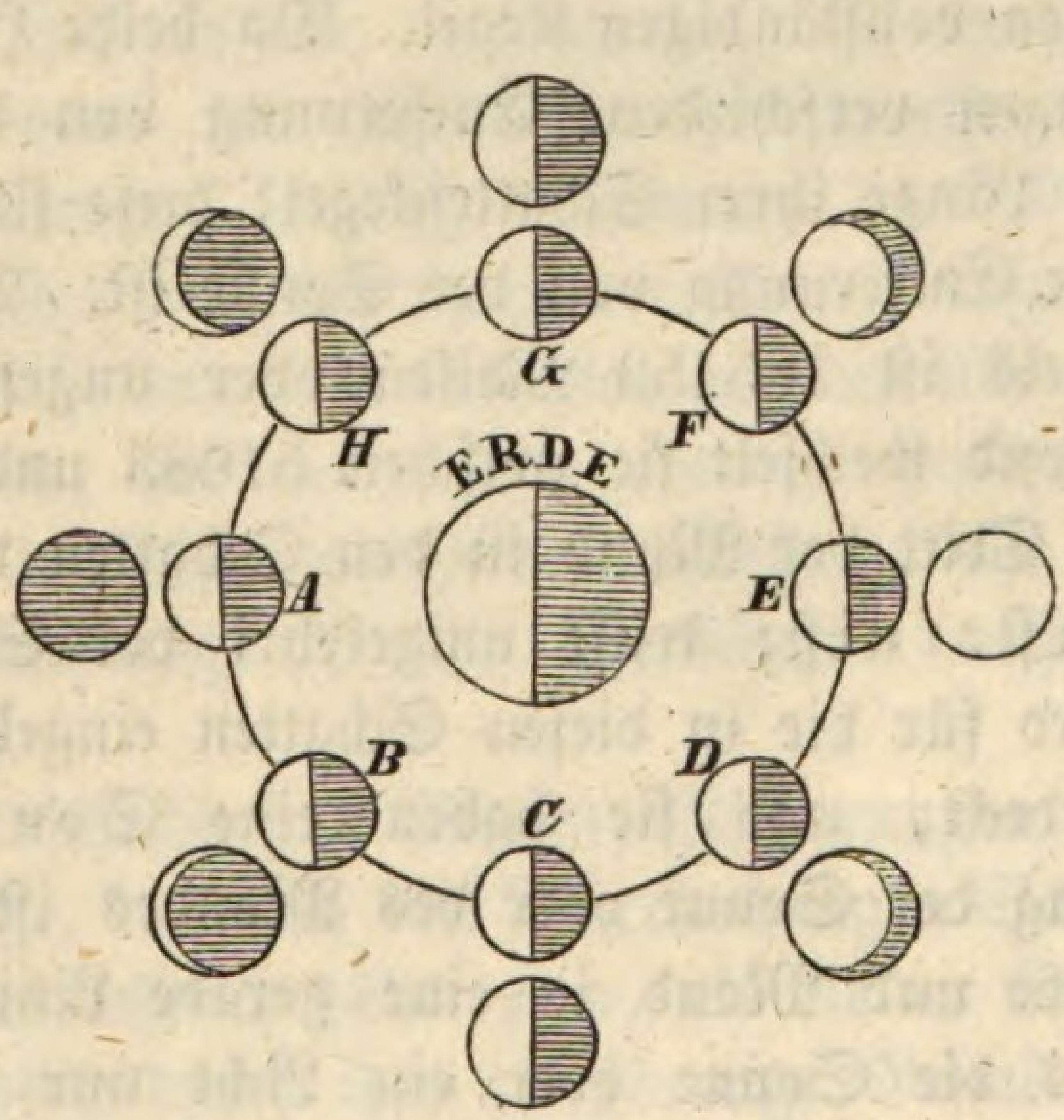
Da die Erdbahn eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkt die Sonne sich befindet, so muß die Entfernung der Erde von der Sonne ebenfalls veränderlich sein: im Januar steht sie der Sonne am nächsten — *Sonnennähe* oder *Perihelium* —, im Juli ist sie am weitesten von ihr entfernt — *Sonnenferne*, *Aphelium* —; die größte Entfernung beträgt 21015101 Meilen, die kleinste 20381499 M., somit die mittlere 20666800 M.

Der **Mond** ist der beständige Begleiter der Erde, von welcher er im Mittel 51800 Meilen entfernt ist. Sein Durchmesser beträgt 454 geogr. Meilen, seine Oberfläche nur ungefähr den 13. Theil der Erdoberfläche und sein körperlicher Inhalt 1/64 des Erdkörpers. Zu einem vollständigen Umlauf um die Erde, wobei er ihr zugleich auf ihrer Bahn nacheilt, indem er eine aus bogenförmigen Stücken, deren Concavität der Sonne zugewandt ist, zusammengesetzte Bahn, ähnlich wie die hier verzeichnete, beschreibt, braucht er 29 Tage, 12 Stunden, 44 Minuten



und 3 Sekunden oder 1 Monat; dabei wendet er der Erde stets die gleiche Seite zu, und dreht sich folglich in 1 Monat einmal um seine Axe, wie z. B. auch ein Mensch, der einen festen Punkt, etwa einen Baum, umkreist und dabei seinen Blick unverwandt auf diesen richtet, mit jedem vollständigen Umgang zugleich eine Drehung um sich selbst macht. Die Tage und Nächte dauern also auf dem Mond je $^1/_2$ Monat, und die Erde, die ihn mit fast 14 mal hellerem Lichte, als unser Mondlicht ist, bescheint, ist nur den Bewohnern der uns zugewandten Mondhälfte sichtbar. Die Drehungsaxe des Mondes steht nahezu senkrecht auf seiner Bahn.

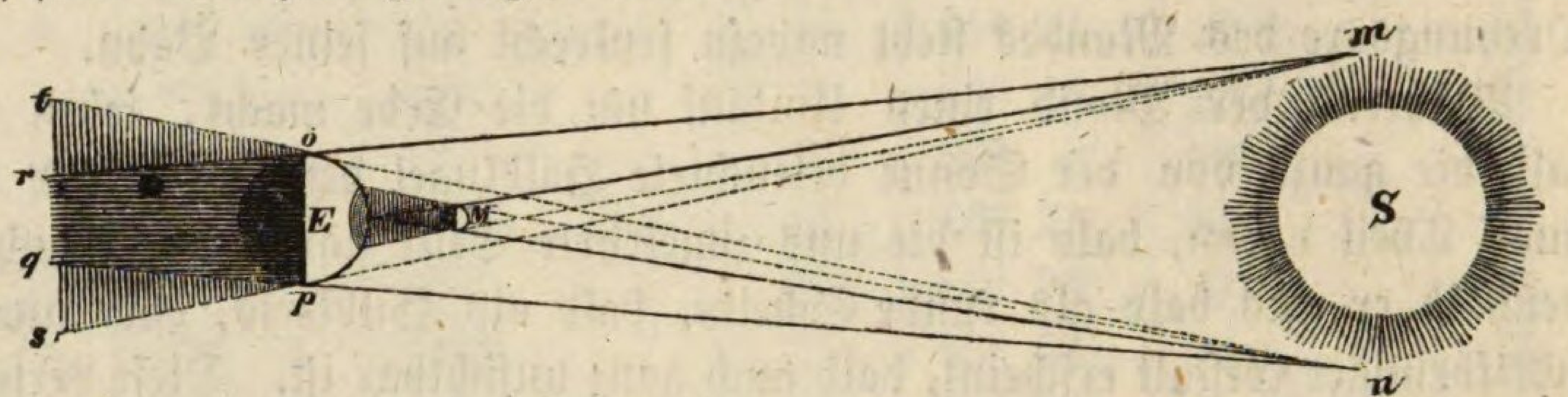
Während der Mond einen Umlauf um die Erde macht, sehen wir bald die ganze von der Sonne beleuchtete Halbkugel desselben, bald nur einen Theil davon, bald ist die uns zugekehrte Seite gar nicht beleuchtet, weßhalb er uns bald als runde Scheibe, bald als Halbkreis, bald nur in sichelförmiger Gestalt erscheint, bald auch ganz unsichtbar ist. Diese verschiedenen Gestalten des Monds — die Mondphasen — sind in der folgenden Figur zusammengestellt, wobei die Sonne auf der linken Seite befindlich gedacht ist.



Ist, wie in A, die dunkle Seite des Monds gegen die Erde gekehrt, so haben wir Neumond; bei C sehen wir die Hälfte der beleuchteten Mondsscheibe — erstes Viertel —; bei E ist der gegen uns gekehrte Theil der Mondsoberfläche vollständig beleuchtet — wir haben Vollmond; in G endlich sehen wir den Mond wieder als Halbkreis — letztes Viertel —, worauf er nach und nach ganz verschwindet. Die zwischen diesen 4 Hauptgestalten des Monds liegenden Erscheinungen sind in B, D, F und H angedeutet.

Jeder von der Sonne oder einer andern Lichtquelle einseitig beleuchtete Körper wirft einen Schatten; man unterscheidet zwischen dem Kernschatten, d. h. demjenigen Theil, an welchen gar kein Strahl der Lichtquelle dringt,

und dem *Halbschatten*, der von einem Theil der Lichtstrahlen erleuchtet wird. Stellen wir mehrere Lichter neben einander, und vor dieselben etwa ein Buch, so wird der Schatten hinter diesem verschiedene Stärke zeigen; der dunkelste Theil desselben, an welchen von keinem der Lichter ein Strahl gelangt, ist der Kernschatten, die andern Theile, die theils von einem, theils von zwei ꝛc. derselben beleuchtet sind, bilden den Halbschatten. Halten wir das Buch in das Licht der Sonne, und fangen den Schatten auf einem weißen Blatt Papier auf, so erkennen wir, daß derselbe nicht scharf abgegrenzt ist, sondern am Rande nur allmälig ins volle Licht übergeht. Dieser Uebergang heißt der Halbschatten, und rührt daher, daß es zwischen dem vollen Schatten und dem vollen Licht Stellen gibt, an welche nur von einem größern oder geringern Theile der Sonnenscheibe Strahlen gelangen können.



Auch die Erde und der Mond werfen einen Schatten hinter sich, wie die vorstehende Figur veranschaulicht. Ihr Halbschatten erweitert sich nach hinten immer mehr und hat keine Grenze; ihr Kernschatten dagegen bildet einen vollständigen Kegel. Da beide Himmelskörper in verschiedenen Stellungen verschiedene Entfernung von der Sonne haben, so wechselt auch die Länge ihrer Schattenkegel; diese sind nämlich um so länger, je größer ihre Entfernung von der Sonne ist. Die mittlere Länge des Erdschattenkegels ist 185453 Meilen oder ungefähr 108 Erddurchmesser, bei dem Mond wechselt sie zwischen 51083 und 49376 Meilen.

Tritt der Mond in den Schatten der Erde, so entsteht eine *Mondsfinsterniß*; trifft umgekehrt der Schatten des Mondes die Erde, so wird für die in diesen Schatten eingehüllten Orte die Sonne vom Monde verdeckt, und sie haben eine *Sonnenfinsterniß*. Eine Verfinsterung der Sonne oder des Mondes ist nur dann möglich, wenn Sonne, Erde und Mond in eine gerade Linie zu stehen kommen, so wie wir uns die Sonne oder ein Licht nur dann verdecken können, wenn wir einen dunklen Körper in gerader Linie zwischen die Lichtquelle und unser Auge stellen. Hieraus erklärt sich, warum nur zur Zeit des Vollmonds Mondsfinsternisse und zur Zeit des Neumonds Sonnenfinsternisse stattfinden können.

Warum aber, so fragt vielleicht mancher Leser, treffen alsdann diese Erscheinungen nicht bei jedem Voll- und Neumond ein? — Die Antwort

darauf ist nicht schwer: würde sich der Mond in der Ebene der Ekliptik bewegen, d. h. fiele die Mondbahn und die Erdbahn in eine Ebene, so müßten die drei Weltkörper mit jedem Voll- und Neumond in eine geradlinige Stellung zu einander kommen. Da aber die Mondbahn mit der Erdbahn einen Winkel von 5° 8′ 48″ macht und sie bei jedem Umlauf in zwei Punkten — Knoten — schneidet, so kann eine Sonnen- oder Mondsfinsterniß nur dann stattfinden, wenn sich der Mond zur Zeit des Neu- oder Vollmonds in der Nähe eines dieser beiden Knoten — bei einer Sonnenfinsterniß nicht über 16°, bei einer Mondsfinsterniß nicht über 10° davon entfernt — befindet*).

Als Mondsfinsternisse werden nur diejenigen betrachtet, welche durch den Kernschatten der Erde entstehen; die Verfinsterung des Monds durch den Halbschatten der Erde kann mit bloßem Auge nicht wohl beobachtet werden. Die Mondsfinsternisse heißen total (vollständig), wenn der Mond ganz in den Schattenkegel der Erde eindringt, partial (theilweise), wenn er nur zum Theil von demselben eingehüllt wird. Da der Schattenkegel des Monds nur 49376 bis 51083 Meilen, also nicht einmal so lang ist, als die mittlere Entfernung des Monds von der Erde (größte Entfernung 54644, kleinste 48961 M.), so trifft jener nur dann die Erde, wenn sich der Mond in der Erdnähe befindet. Die Sonnenfinsternisse sind total, wenn die ganze Sonnenscheibe vom Monde bedeckt wird, was nur dann der Fall sein kann, wenn sein scheinbarer Durchmesser, der mit seiner Entfernung von der Erde sich ändert, größer ist, als der der Sonne; sie sind ringförmig, wenn der scheinbare Durchmesser des Mondes kleiner ist, als der der Sonne, so daß, auch wenn der Mond gerade vor der Sonne steht, immerhin noch der Rand der Sonne ringsum sichtbar bleibt. An den Orten, welche den vom Schattenkegel des Mondes getroffenen Gegenden zunächst liegen, auf welche also nur der Halbschatten fällt, erscheint nur ein Theil der Sonnenscheibe verfinstert, der um so kleiner ist, je weiter der Beobachtungsort vom Kernschatten entfernt ist — partiale Sonnenfinsterniß.

Die dunklern Stellen der Mondscheibe sind Ebenen, Niederungen und Thäler; die hellern dagegen Gebirge, die nach den Untersuchungen Schröter's, Mädler's u. A. zum Theil beträchtlich höher sind, als die der Erde; unter den Gebirgen zeichnen sich viele durch ihre ringförmige Gestalt —

---

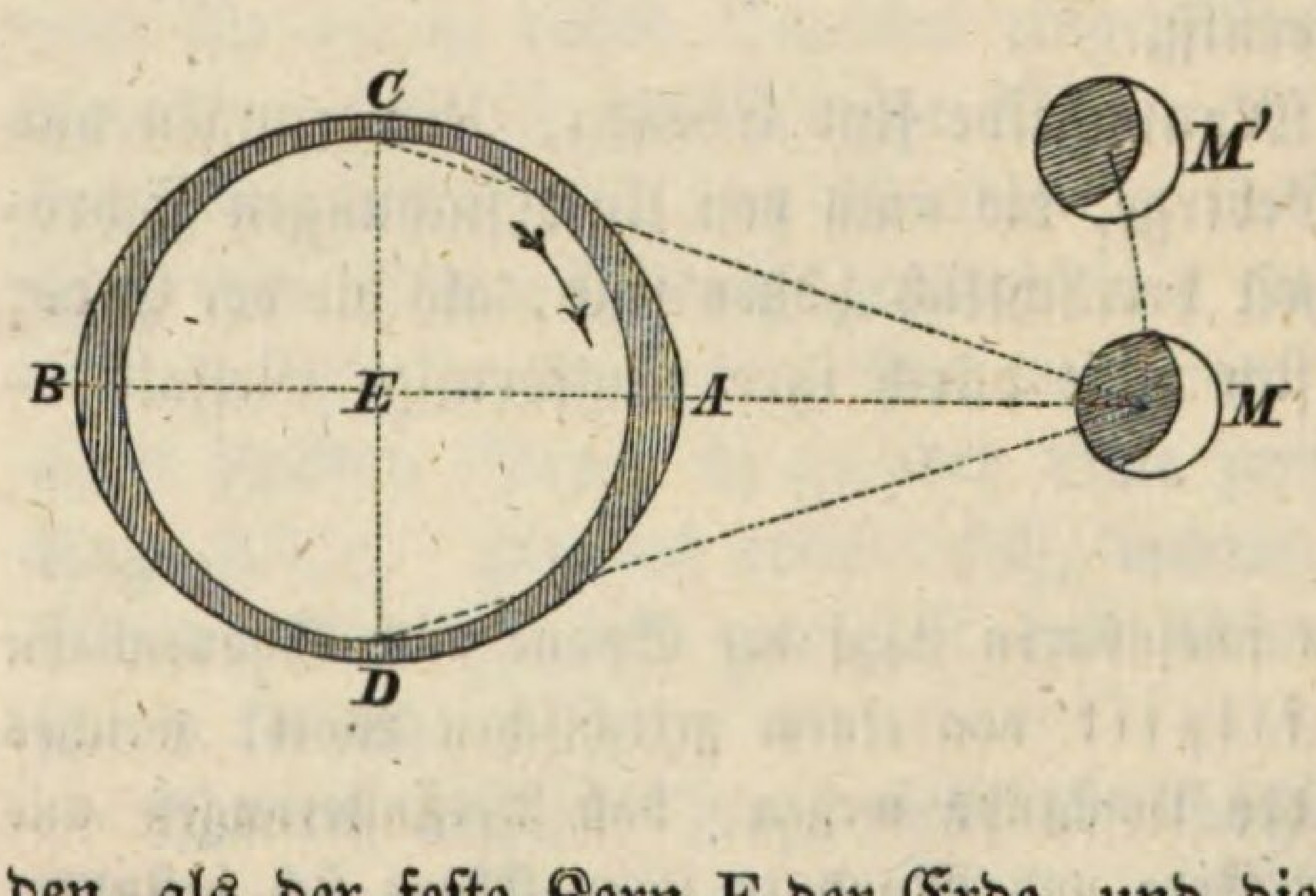
*) Die Erdbahn — nach dem scheinbaren Lauf der Sonne auch Sonnenbahn genannt — hat den Namen Ekliptik von einem griechischen Wort, welches Verfinsterung heißt, eben des Umstands wegen, daß Verfinsterungen nur stattfinden können, wenn Sonne, Erde und Mond in ihrer Ebene sich befinden.

Ring- oder Wallgebirge — aus, die meistens tiefe Krater einschließen; die Zahl der Mondvulkane beträgt mehrere Tausende. Wasser fehlt dem Monde ganz; auch hat er keine luftförmige Hülle, wie die Erde, sie müßte denn so außerordentlich dünn sein, daß sie mit unserer Atmosphäre kaum in eine Vergleichung gebracht werden könnte.

Ebbe und Fluth.

Der Mond äußert seine Einwirkung auf die Erde vorzüglich in der Anziehung ihrer flüssigen Theile, nämlich der atmosphärischen Luft und des Meeres, da diese, wegen der Verschiebbarkeit ihrer Theile, derselben leicht folgen können. Die Folge dieser Anziehung ist eine Erhebung der Luft und des Wassers an den Punkten, wo sie am stärksten wirkt, d. h. an den dem Mond zugekehrten Theilen der Erdoberfläche. Diese Erhebung können wir nun zwar bei der Atmosphäre nicht wahrnehmen, da wir die Höhe dieser überhaupt nicht direkt zu beobachten vermögen, und auch der Barometer dadurch keine Veränderung erleidet, sofern die Luft durch die Anziehung des Mondes in dem Maße zugleich leichter wird, in welchem sie sich erhebt; dagegen zeigt sich dieselbe beim Meere auf eine sehr in die Augen fallende Weise in den Erscheinungen der Ebbe und Fluth. Beobachten wir nämlich die Höhe des Meeres an irgend einem bestimmten Ort, so werden wir bald erkennen, daß dieselbe periodischen Schwankungen unterworfen ist, d. h. daß sich das Meer periodisch hebt und senkt; und daß diese Schwankungen mit der Stellung des Mondes und in geringerem Maße auch mit der Stellung der Sonne gegenüber der Erdoberfläche in nahem Zusammenhange stehen. Keppler schon erkannte, daß diese Erscheinungen in der Anziehung dieser Himmelskörper ihren Grund haben, und Newton wies nach, daß diese Ansicht mit dem Gravitationsgesetz vollkommen im Einklang stehe.

Betrachten wir zunächst die Einwirkung des Mondes:



In nebenstehender Fig. sei M der Mond, ACBD die Erde; der schraffirte Theil stelle das Meer dar. Dem Gravitationsgesetz gemäß, nach welchem die Anziehung im Verhältniß der Quadrate der Entfernungen abnimmt, muß der Meerestheil A stärker angezogen werden, als der feste Kern E der Erde, und dieser wiederum stärker, als der

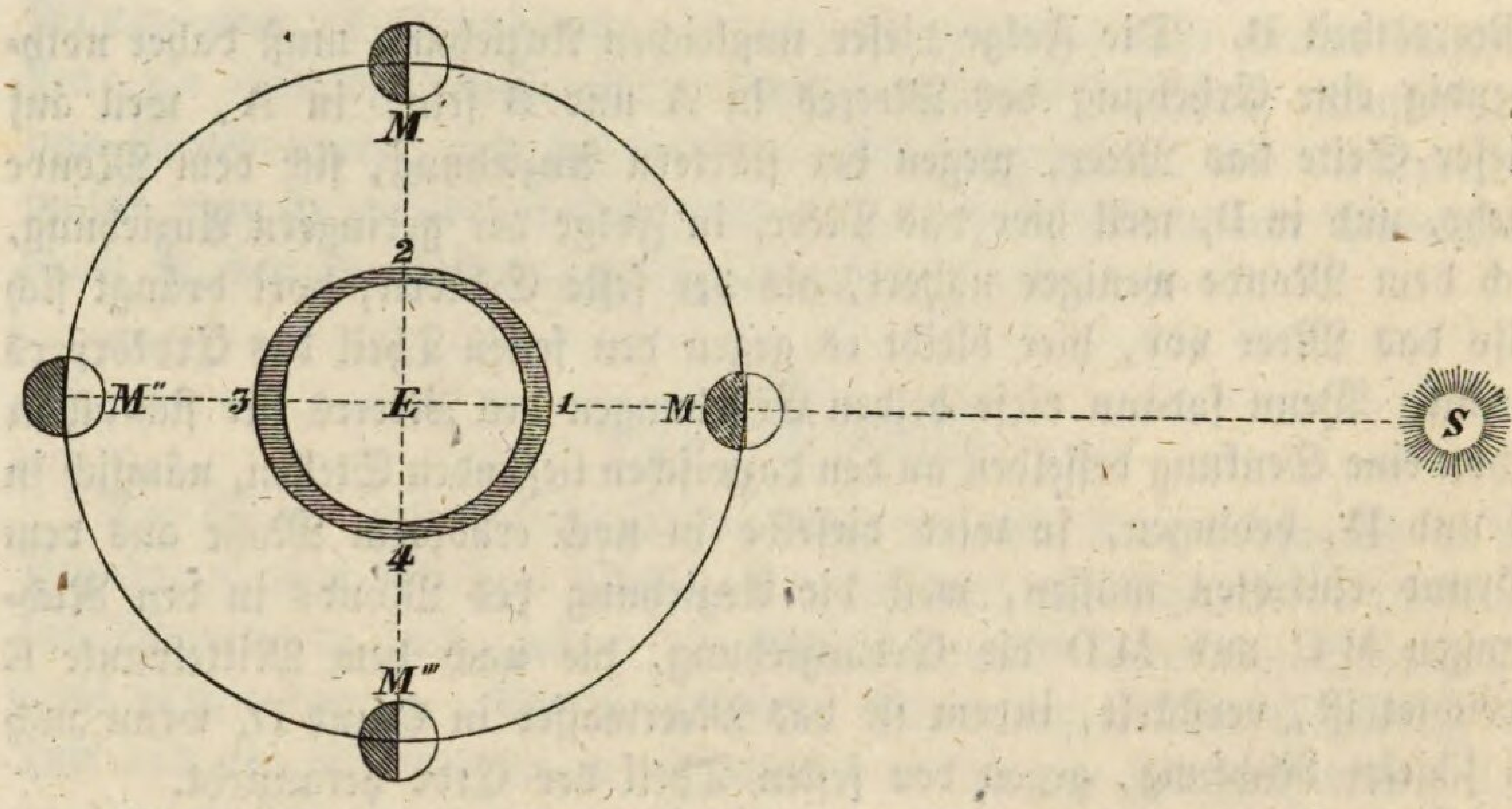
Meerestheil B. Die Folge dieser ungleichen Anziehung muß daher nothwendig eine Erhebung des Meeres in A und B sein: in A, weil auf dieser Seite das Meer, wegen der stärkern Anziehung, sich dem Monde mehr, und in B, weil hier das Meer, in Folge der geringern Anziehung, sich dem Monde weniger nähert, als der feste Erdkern; dort drängt sich also das Meer vor, hier bleibt es gegen den festen Theil des Erdkörpers zurück. Wenn sodann diese beiden Erhebungen des Meeres für sich allein schon eine Senkung desselben an den dazwischen liegenden Stellen, nämlich in C und D, bedingen, so wird dieselbe in noch erhöhtem Maße aus dem Grund eintreten müssen, weil die Anziehung des Monds in den Richtungen MC und MD die Erdanziehung, die nach dem Mittelpunkte E gerichtet ist, verstärkt, indem sie das Meerwasser in C und D, wenn auch in schiefer Richtung, gegen den festen Theil der Erde heranzieht.

Während eines Umlaufs des Mondes um die Erde, d. h. während eines Monats, müßte sonach jede Stelle des Meers zwei Erhebungen und zwei Senkungen haben, wenn die Erde keine eigene Bewegung hätte. Da aber diese sich täglich einmal um ihre Axe dreht, und daher jeder Meerestheil täglich die den vier Punkten A, C, B und D entsprechenden Stellungen gegen den Mond einnimmt, so haben wir auch täglich zweimal Hebung — Fluth — und zweimal Senkung — Ebbe — des Meeres. Die Fluth in den Punkten A und B findet jedoch nicht genau in dem Zeitpunkte Statt, wenn der Mond in die Stellung M tritt; vielmehr bedarf die demselben von der Erde bei ihrer Drehung (in der Richtung des Pfeils) entgegen geführte Wassermasse einige Zeit, um seiner Anziehung zu folgen, und es wird daher der Mond schon in die Stellung M' vorgerückt sein, wenn die Orte A und B höchste Fluth haben.

Obgleich die Erde von der Sonne viel stärker angezogen wird, als vom Mond (die Anziehung der Sonne verhält sich zu der des Mondes wie 153 : 1), so ist doch die Fluth, welche die Sonne für sich allein hervorbringt, bedeutend schwächer (ungefähr zweimal), als die durch den Mond erzeugte, weil bei der ungefähr 400mal größern Entfernung der Sonne von der Erde der Unterschied in der Größe der Anziehung auf die verschiedenen Punkte der Erde, auf welchem, wie wir oben gesehen haben, die Erscheinung der Ebbe und Fluth allein beruht, bei diesem Gestirn weit geringer ist als beim Mond.

Wir haben somit zwei Arten von Ebbe und Fluth, eine vom Mond und eine von der Sonne herrührende, die sich gegenseitig bald schwächen, bald verstärken.

Steht nämlich der Mond in M oder in M'' (s. d. folg. Fig.), d. h. haben wir Neu- oder Vollmond, so wirken Sonne und Mond in gleichem Sinn und die Fluth erreicht ihre höchste Höhe — Springfluth; steht dagegen



der Mond in M' oder M''', so schwächen sie ihre Wirkungen gegenseitig, da an den Punkten 1 und 3 Sonnenfluth und Mondebbe, und an den Punkten 2 und 4 Sonnenebbe und Mondfluth zugleich stattfinden: in diesem Falle erreicht also die Fluth ihre geringste Höhe — Nippfluth. Wir haben somit außer den täglich zweimal stattfindenden, gewöhnlichen Fluthen noch eine zweite Klasse von Fluthen — die Spring- und Nippfluthen — zu unterscheiden, welche monatlich zweimal eintreten.

Endlich unterscheiden wir noch eine jährliche Periode: zur Zeit der Nachtgleichen nämlich, also in den Monaten März und September, ist die Fluth am höchsten und die Ebbe am niedrigsten. Stände nämlich die Sonne (oder der Mond) im Nord- oder Südpol der Himmelskugel, also einem der Erdpole gegenüber, oder, was dasselbe ist, in der Verlängerung der Erdaxe, so würde sich das Wasser zwar an dem betreffenden Pole anhäufen, aber es könnte während der Drehung der Erde an einem und demselben Ort kein abwechselndes Steigen und Fallen desselben stattfinden, da es ringsum gleich stark aufgestaut wäre; nur in verschiedenen Breiten würde man eine verschieden starke Anhäufung der Wassermasse — abnehmend vom Pol gegen den Aequator — beobachten. Wäre der Standpunkt der Sonne nur wenig von einem der Himmelspole, beispielsweise vom Nordpol, entfernt, so würde die stärkste Anhäufung des Meeres nicht mehr auf den Pol, sondern auf den Punkt der Erde fallen, in dessen Zenith die Sonne stände; hieraus würde nothwendig eine ungleiche Vertheilung des Wassers auf verschiedene Theile eines und desselben Parallelkreises entstehen, in der Weise, daß dasselbe auf dem zu einer bestimmten Zeit der Sonne zugewandten Theil höher stände, als auf dem von ihr abgewandten, und in Folge dieses Umstands würde bei der Drehung der Erde an jedem Punkt ein Steigen und Fallen des

Meeres bemerklich sein. Der Unterschied im Stand des Wassers könnte aber nicht sehr beträchtlich sein, da immerhin auf dem ganzen nördlichen Theil der Erdkugel, also auch auf den von der Sonne abgekehrten Theilen der nördlichen Breitekreise, eine Anhäufung des Meeres stattfinden würde. In dem Maße nun, als die Sonne sich dem Aequator zuwendet, wird der Unterschied in der Erhebung des Meeres auf jedem einzelnen Breitekreis größer, bis endlich, wenn die Sonne in den Aequator zu stehen kommt, die Grenzlinie der der Sonne zugewandten wasserreicheren Erdhälfte einen Meridian bildet, so daß nun jeder Punkt eines Breitekreises während einer Umdrehung der Erde zwei äußerste Stellungen — das eine Mal in der wasserreichen, das andere Mal in der wasserarmen Hemisphäre — einnimmt. Hier ist nun der Unterschied in der Erhebung des Meeres am beträchtlichsten, und dieß ist der Grund, warum, in Verbindung mit den schon früher genannten Ursachen der Ebbe und Fluth, zur Zeit der Nachtgleichen die Ebbe ihren niedrigsten und die Fluth ihren höchsten Stand erreicht.

Die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Ebben oder Fluthen verstreicht, beträgt je 12 Stunden 25 Minuten; dieß ist genau die Hälfte eines Mondstags, d. h. der Zeit, welche zwei aufeinanderfolgende Auf- oder Untergänge des Mondes trennt. Wenn also heute die Fluth genau Mittags 12 Uhr stattfindet, so tritt die nächste 25 Minuten nach Mitternacht ein, und morgen Mittag haben wir erst um 12 Uhr 50 Minuten wieder Fluth, übermorgen Mittag um 1 Uhr 40 Minuten u. s. w.

Diese strenge Regelmäßigkeit in der Ebbe und Fluth findet jedoch nur in den großen, freien Meeren Statt. In den kleinern Meeren, großen Seen und insbesondere an den Küsten treten mancherlei störende Umstände auf, die sowohl auf die Zeit des Eintritts, als auch auf die Höhe der Fluth Einfluß haben. Die Seen haben gar keine Fluth, weil sich bei ihrer geringen Ausdehnung kein Unterschied in der Einwirkung des Mondes auf ihre verschiedenen Theile bemerklich machen kann; dagegen drängt die Meeresfluth das Wasser der großen Flüsse nicht selten in der Art zurück, daß sie sich viele Meilen oberhalb ihrer Mündungen bemerklich macht. Wenn sodann auch im mittelländischen Meer und in der Ostsee diese Erscheinung fehlt, so hat dieß seinen Grund darin, daß die Verbindungsstraßen, durch welche diese Meere mit dem großen Ocean zusammenhängen, zu enge sind, als daß sie in der kurzen Zeit von 6 Stunden der zu einer auch nur merkbaren Erhebung des Meeres erforderlichen Menge Wasser den Durchgang gestatten könnten. Im Golf von Mexiko bricht sich die Fluth an der Ostküste von Panama; die Passatwinde (s. Meteorologie), die beständig von Ost nach West wehen, stellen

sich überdieß der Rückkehr der Fluth entgegen, und so kommt es, daß der Wasserspiegel diesseits der Landenge um 14 Fuß höher steht, als im stillen Ocean; eine weitere Folge hievon ist aber auch die, daß die Wassermassen genöthigt sind, ihren Rückweg gegen die Küste von Nordamerika zu nehmen, und von da, im Golfstrom, in den atlantischen Ocean zurückzufließen.

5) Magnetische Anziehung.

Magnetische Anziehung oder Magnetismus nennt man die Kraft, vermöge welcher das aus Eisenoxydul und Eisenoxyd zusammengesetzte und unter dem Namen Magnetstein oder Magneteisenstein bekannte Eisenerz gewisse Metalle, insbesondere Eisen, Nickel und Kobalt, auf gewisse Entfernungen und selbst durch andere dazwischenliegende Körper hindurch anzieht. Auf künstlichem Wege läßt sich die magnetische Kraft auch den von derselben angezogenen Körpern mittheilen, wodurch man sogenannte künstliche Magnete erhält, im Gegensatz zu dem natürlichen Magnet, als welchen wir obgenanntes Eisenerz betrachten.

6) Elektrische Anziehung.

Elektrische Anziehung oder Elektricität nennen wir die Ursache derjenigen Erscheinungen, welche wir beobachten, wenn gewisse Körper, wie Glas, Schwefel, Harz u. s. w. mit Tuch oder Seidezeug gerieben werden, und welche hauptsächlich darin bestehen, daß die geriebenen Körper leichte Körper abwechslungsweise anziehen und wieder abstoßen, daß manche derselben im Dunkeln leuchten, daß sie dem berührenden oder auch nur genäherten Finger knisternde Funken entgegensenden, die einen eigenthümlichen Stich verursachen u. s. w. Auch der Blitz gehört zu dieser Klasse von Erscheinungen. Man nennt diese, sowie die Körper, an denen sie sich vorzugsweise zeigen, elektrisch; es ist jedoch wahrscheinlich, und die auf diesem Gebiet fortwährend gemachten Beobachtungen bestätigen es, daß alle Körper Elektricität besitzen. Nicht allein durch Reiben, sondern auch durch einfache Berührung, durch magnetische Einwirkung, durch Wärme, durch chemische Prozesse u. s. f. wird die Elektricität in den Körpern erregt.

Die magnetischen und elektrischen Erscheinungen bilden eine höchst wichtige und interessante Gruppe im Gebiet der gesammten Naturlehre; sie bilden den Gegenstand des 4. Buches dieses Werkes.

Blum, Ludw.

Volks-Naturlehre für Schule und Haus, mit besonderer Rücksicht auf Gewerbe, Künste u. die Bedürfnisse des bürgerlichen Lebens

Bd.: 1

Stuttgart 1854-55